

# COMUNE DI GENOVA

## P.U.O. AREA DERRICK BORZOLI

Opere di rimodellazione ambientale, messa in sicurezza e collegamento alla nuova viabilità urbana con mantenimento della attività produttiva

progetto architettonico e coordinamento:

**ferrazzini**  
ARCHITETTURA

Arch. Giovanni Ferrazzini  
Piazza San Marcellino 6/6  
16124 Genova - Italy  
+39 010 8951428  
info@ferrazziniarchitettura.eu

progetto ingegneria idraulica

**ITEC**  
engineering

ITEC Engineering S.r.l.  
via Cecchi, 7/9-10 - 16129 GENOVA  
tel.: +39 010 59 59 690 fax: +39 010 58 48 355  
info@itec-engineering.it  
www.itec-engineering.it

progetto ingegneria geotecnica:

**M+**  
ASSOCIATI

Studio M+ ASSOCIATI  
Via Guido Gozzano,6 - 20038, Seregno (MB)  
Tel. +39 0362 221543; +39 0362 246248  
Fax. +39 0362 247012  
e-mail: studio@mpiassociati.it  
www.mpiassociati.it

progetto ingegneria - strutture in elevazione:

**STUDIO MARTIGNONE ASSOCIATI**  
ingegneria strutturale e geotecnica

STUDIO MARTIGNONE ASSOCIATI  
Via Palestro, 25/3 - 16122 Genova  
Tel. +39 010 876287 - Fax. +39 010 0898503  
studio@martignoneassociati.it  
www.martignoneassociati.it

consulenza ingegneria e servizi ambientali:

**I.S.A.F.**

I.S.A.F. Ingegneria e Servizi Ambientali Ferro S.r.l.  
Via Paleocapa 19/2 - 17100 Savona  
Tel. +39 019 806914 - Fax. +39 019 802027  
E-mail : isaf@isafsr.it

consulenza geologica:

**STUDIO ASSOCIATO BELLINI**  
Geologi

STUDIO ASSOCIATO BELLINI  
Via Galata, 9/1 - 16121 Genova  
Tel. +39 010 586503 - Fax +39 010 566277  
info@studioassociatobellini.eu  
www.studioassociatobellini.eu

note

-  
prima emissione      disegnato da  
04.02.2015            ferrazzini architettura

aggiornamenti

**A**      **SETTEMBRE 2016**      **REVISIONE GENERALE**

**B**

**C**

**D**

**E**

**F**

**G**

**H**

descrizione:

**CAPITOLATO TECNICO E PRESTAZIONALE  
OPERE DI SOSTEGNO E GEOTECNICHE**

**M+**  
ASSOCIATI



Certificato ISO 9001:2008 n° 14687

Via G. Gozzano n. 6  
20831 Seregno (MB)  
Tel. 0362.221543  
0362.246248  
Fax 0362.247012  
studio@mpiassociati.it  
www.mpiassociati.it

committente



DERRICK ARQUATA S.p.a.  
Via Borzoli, 34 - 16153 - Genova  
tel: +39 010 65 02 761  
fax: +39 010 65 91 012  
g.dellepiane@derrickarquata.it  
www.contrepair.com

progetto

**AREA DERRICK**

Via Borzoli

scala:

- @A0

nome file:

GR02.doc

Tavola n°:

**GR02**



## INDICE

<b>CAPITOLATO SPECIALE A CARATTERE PRESTAZIONALE PER L'UTILIZZO DI MATERIALI INERTI RICICLATI DA SCAVI, COSTRUZIONI O DEMOLIZIONI .....</b>	<b>5</b>
<b>1. – GENERALITA' .....</b>	<b>5</b>
<b>2. – CLASSIFICAZIONI (Norma UNI EN 13285/2004) .....</b>	<b>5</b>
2.1. - CATEGORIE DI AGGREGATI RICICLATI .....	5
2.2. – COMPOSIZIONE DELLE MISCELE .....	6
2.3. – TERRE DA SCAVO (CNR UNI 10006).....	6
<b>3 - PRODUZIONE E IMPIEGO DI MATERIALI INERTI RICICLATI .....</b>	<b>6</b>
3.1. REQUISITI DEGLI IMPIANTI DI PRODUZIONE.....	6
3.2. FORMAZIONE, STOCCAGGIO E CARATTERIZZAZIONE DEI LOTTI .....	7
3.3. CAMPIONAMENTO AI FINI DELLA CARATTERIZZAZIONE DEL PRODOTTO .....	8
3.3.1. CAMPIONAMENTO DA CUMULI CONICI O PIRAMIDALI.....	8
3.3.2. CAMPIONAMENTO DA CUMULI PIATTI ED ESTESI.....	9
3.3.3. CAMPIONAMENTO DA LOTTI OMOGENEIZZATI IN FASE DI FORMAZIONE .....	10
3.3.4. CAMPIONAMENTO DAI VEICOLI IMPIEGATI PER IL TRASPORTO .....	10
3.4. - ACCETTAZIONE PER L'IMPIEGO.....	10
<b>4. – COSTRUZIONE DEL CORPO DEI RILEVATI STRADALI .....</b>	<b>11</b>
4.1. - GENERALITÀ.....	11
4.2. – PIANIFICAZIONE DEI LAVORI .....	11
4.3. – CAMPI PROVA .....	11
4.4. – PIANO PARTICOLAREGGIATO DELLE LAVORAZIONI .....	13
4.5. – PIANO DI POSA.....	13
4.5.1 – PREPARAZIONE DEL TERRENO DI SEDIME.....	13
4.5.2 – TERRENI CEDEVOLI .....	14
4.5.3 – REQUISITI DI PORTANZA.....	14
4.5.4 – BONIFICHE DEL TERRENO DI SEDIME .....	14
4.5.5 – STRATI ANTICAPILLARI .....	15
4.6. – AGGREGATI .....	15
4.6.1 – REQUISITI MECCANICI .....	15
4.7. – POSA IN OPERA.....	16
4.8. – COMPATTAZIONE .....	17
4.9. -PROTEZIONE .....	18
4.10. –CONTROLLI.....	18
<b>5. – COSTRUZIONE DEI SOTTOFONDI STRADALI.....</b>	<b>22</b>
5.1. - GENERALITÀ.....	22

5.2. - PIANIFICAZIONE DEI LAVORI.....	22
5.3. - CAMPI PROVA.....	22
5.4. - PIANO PARTICOLAREGGIATO DELLE LAVORAZIONI.....	23
5.5. - PIANO DI POSA - REQUISITI DI PORTANZA.....	24
5.6. – AGGREGATI.....	24
5.6.1. – REQUISITI FISICO – MECCANICI.....	24
5.6.2. - REQUISITI CHIMICI.....	25
5.7. - POSA IN OPERA.....	26
5.8. - COMPATTAZIONE.....	26
5.9. - PROTEZIONE.....	27
5.10. - CONTROLLI.....	27
5.10.1. - CONTROLLO DELLE FORNITURE.....	27
5.10.2. - CONTROLLI PRESTAZIONALI SUGLI STRATI FINITI.....	28
<b>6. – COSTRUZIONE DEGLI STRATI DI FONDAZIONE DI SOVRASTRUTTURE STRADALI30</b>	
6.1 GENERALITÀ.....	30
6.2. – AGGREGATI.....	30
6.2.1. – REQUISITI DI COMPOSIZIONE.....	30
6.2.2. – REQUISITI FISICO-MECCANICI.....	30
6.2.3. - REQUISITI CHIMICI.....	32
6.3. – ACCETTAZIONE.....	32
6.4 – CONFEZIONAMENTO.....	33
6.5 – POSA IN OPERA.....	33
6.6. – CONTROLLI.....	33
6.6.1. - CONTROLLO DELLE FORNITURE.....	33
6.6.2. - CONTROLLI PRESTAZIONALI SUGLI STRATI FINITI.....	34
<b>7. – COSTRUZIONE DEGLI STRATI IN MISTO CEMENTATO.....36</b>	
7.1 GENERALITÀ.....	36
7.2. – AGGREGATI.....	36
7.2.1. – REQUISITI DI COMPOSIZIONE DEGLI AGGREGATI.....	36
7.2.2. – REQUISITI FISICO-MECCANICI.....	37
7.2.3. – REQUISITI CHIMICI DEGLI AGGREGATI.....	40
7.3 – ACCETTAZIONE DELLE MISCELE.....	40
7.4 – CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE.....	40
7.5 – PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA.....	41
7.6 – POSA IN OPERA DELLE MISCELE.....	41
7.7 – PROTEZIONE SUPERFICIALE DELLO STRATO FINITO.....	41
7.8. - CONTROLLI.....	41
7.8.1. - CONTROLLI DEI MATERIALI COSTITUENTI.....	41
7.8.2. - CONTROLLI DELLE MISCELE PRELEVATE IN FASE DI POSA IN OPERA.....	42

7.8.3. - CONTROLLI SUGLI STRATI FINITI.....	43
<b>8. – PAVIMENTAZIONI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO.....</b>	<b>44</b>
8.1. BASI E RISAGOMATURE IN CONGLOMERATO "TOUT VENANT".....	44
8.2. MANTO D'USURA.....	46
<b>9. – SEGNALETICA STRADALE.....</b>	<b>47</b>
<b>10. –TERRE RINFORZATE.....</b>	<b>49</b>
10.1. SISTEMA TERRAMESH.....	49
10.2. GEOTESSILI NON TESSUTI "TERRAM 1000".....	52
<b>11. - STABILIZZAZIONE A CALCE E/O CEMENTO DEL TERRENO PRESENTE IN SITO</b>	
<b>53</b>	
11.1 AGGREGATI.....	53
11.2 CEMENTO O ALTRI LEGANTI IDRAULICI.....	53
11.3 ACQUA.....	53
11.4 ACCETTAZIONE DELLAMISCELA.....	53
11.5 POSA IN OPERA.....	54
11.6 REQUISITI PRESTAZIONALI.....	54
<b>CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO A CARATTERE PRESTAZIONALE INERENTE LE</b>	
<b>STRUTTURE IN CALCESTRUZZO ARMATO.....</b>	<b>55</b>
<b>12. – CALCESTRUZZO MAGRO.....</b>	<b>55</b>
12.1 MATERIALI.....	55
12.2 MISCELA.....	56
12.3 PRODUZIONE E POSA IN OPERA.....	57
12.4 SPECIFICHE DI CONTROLLO.....	57
<b>13. – CALCESTRUZZO, ACCIAIO PER C.A. E CASSERI.....</b>	<b>57</b>
13.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	57
13.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI COSTITUENTI I CONGLOMERATI CEMENTIZI.....	58
13.3 QUALIFICA PRELIMINARE DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI.....	60
13.4 CONTROLLI IN CORSO D'OPERA.....	61
13.5 DURABILITA' DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI.....	63
13.6 TECNOLOGIA ESECUTIVA DELLE OPERE.....	63
13.7 STAGIONATURA E DISARMO.....	67
13.8 PREDISPOSIZIONE DI FORI, TRACCE CAVITA', AMMORSATURE, ONERI VARI.....	70
13.9 ARMATURE PER C.A.....	71
13.10 MANUFATTI PREFABBRICATI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO.....	71
13.11 CASSEFORME, ARMATURE DI SOSTEGNO E ATTREZZATURE DI COSTRUZIONE.....	71
13.12 ACCIAIO PER C.A.....	72
<b>14. – PRESCRIZIONI RIGUARDANTI IL CANTIERAMENTO.....</b>	<b>75</b>

## CAPITOLATO SPECIALE A CARATTERE PRESTAZIONALE PER L'UTILIZZO DI MATERIALI INERTI RICICLATI DA SCAVI, COSTRUZIONI O DEMOLIZIONI

### 1. – GENERALITA'

Il presente documento illustra le caratteristiche prestazionali da assegnare ai materiali costituenti le opere geotecniche di riempimento, realizzazione dei nuovi rilevati e delle murature in terra armata, all'interno del progetto di "rimodellamento ambientale, messa in sicurezza e collegamento alla nuova viabilità urbana con mantenimento della attività produttiva" dell'area di proprietà "Derrick Arquata s.p.a.", adibita a deposito container, sita in via Borzoli nel Comune di Genova.

### 2. – CLASSIFICAZIONI (Norma UNI EN 13285/2004)

#### 2.1. - CATEGORIE DI AGGREGATI RICICLATI

##### Calcestruzzi riciclati

Aggregati costituiti prevalentemente da frammenti di conglomerati cementizi, anche armati, provenienti dalle demolizioni dei fabbricati insistenti nell'area di intervento, aventi la seguente composizione:

	Componenti	Percentuale in massa
<i>Principale</i>	Calcestruzzo frantumato (massa volumica $>2,1 \text{ Mg/m}^3$ ) e materiali litici frantumati (con esclusione di aggregati argillo-scistosi e gessosi)	• 90
<i>Altri</i>	Scarti edilizi frantumati di murature, rivestimenti e allettamenti (massa volumica $>1,6 \text{ Mg/m}^3$ )	• 10
	Conglomerati bituminosi frantumati	• 5
<i>Contaminanti</i>	Materiali terrosi coesivi	• 1
	Materiali organici	• 0,1

##### Murature riciclate

Aggregati costituiti prevalentemente da elementi in laterizio (mattoni, piastrelle e laterizi in genere) derivanti da demolizioni edilizie di manufatti in muratura, aventi la seguente composizione:

	Componenti	Percentuale in massa
<i>Principale</i>	Scarti edilizi frantumati di murature, rivestimenti e allettamenti (massa volumica $>1,6 \text{ Mg/m}^3$ ), calcestruzzo frantumato e materiali litici frantumati (con esclusione di aggregati argillo-scistosi e gessosi)	• 80
<i>Altri</i>	Materiali granulari con massa volumica $<1,6 \text{ Mg/m}^3$	• 20
	Conglomerati bituminosi frantumati	• 5
<i>Contaminanti</i>	Materiali non lapidei e argilla	• 1
	Materiali organici	• 0,1

##### Macerie

Aggregati costituiti prevalentemente da miscele dei componenti principali che caratterizzano le categorie di aggregati "calcestruzzi riciclati" e "murature riciclate", aventi la seguente composizione:

Componenti		Percentuale in massa
<i>Principali</i>	Calcestruzzo frantumato (massa volumica >2,1 Mg/m <sup>3</sup> ) e materiali litici frantumati (con esclusione di aggregati argillo-scistososi e gessosi)	• 50
	Scarti edilizi frantumati di murature, rivestimenti e allettamenti (massa volumica >1,6 Mg/m <sup>3</sup> )	• 50
<i>Altri</i>	Materiali granulari con massa volumica <1,6 Mg/m <sup>3</sup>	• 10
	Conglomerati bituminosi frantumati	• 5
<i>Contaminanti</i>	Materiali non lapidei e argilla	• 1
	Materiali organici	• 0,1

### Materiali da demolizioni stradali

Aggregati costituiti prevalentemente da materiali derivanti dalla demolizioni di sottofondi e sovrastrutture stradali, aventi la seguente composizione:

Componenti		Percentuale in massa
<i>Principali</i>	Materiali per pavimentazioni stradali, incluso calcestruzzo frantumato, aggregati non legati e aggregati legati con leganti idraulici frantumati	• 90
	Conglomerati bituminosi frantumati	• 30
<i>Contaminanti</i>	Materiali non lapidei e argilla	• 1
	Materiali organici	• 0,1

### 2.2. – COMPOSIZIONE DELLE MISCELE

La composizione delle miscele contenenti aggregati riciclati deve essere determinata mediante separazione visiva, utilizzando le modalità sperimentali riportate in Appendice A della Norma UNI EN 13285 e deve essere conforme, per ciascuna delle categorie di cui sopra, alla relativa composizione.

### 2.3. – TERRE DA SCAVO (CNR UNI 10006)

Composizione delle terre e rocce, provenienti da scavi, per la realizzazione dei rilevati, secondo la classificazione CNR UNI 10006.

## 3 - PRODUZIONE E IMPIEGO DI MATERIALI INERTI RICICLATI

### 3.1. REQUISITI DEGLI IMPIANTI DI PRODUZIONE

Gli impianti di produzione di inerti riciclati devono essere qualificati dalla Direzione Lavori per stabilirne l'idoneità alla fornitura del materiale, nonché la rispondenza alle prescrizioni metodologiche del processo di cui al D.M. 05/02/98, n.72.

Le modalità di trattamento e di miscelazione dei residui delle attività dalle quali viene generato l'aggregato possono influire notevolmente sulla qualità del prodotto finale.

Per ottenere con maggiore certezza costanti risultati in opera, il materiale a riciclo deve mantenere elevati livelli di costanza granulometrica e di composizione. A tal fine gli impianti di produzione di inerti riciclati possono essere organizzati in modo tale da:

- a) consentire il controllo della qualità dei materiali in arrivo, per una verifica delle caratteristiche e dell'idoneità all'utilizzo;
- b) essere dotati di zone debitamente attrezzate e delimitate per lo stoccaggio provvisorio del materiale, eventualmente suddiviso per tipologie (calcestruzzi, macerie, conglomerati bituminosi, sfridi, scarti industriali, ecc.);
- c) consentire l'alimentazione dell'impianto di trattamento mediante mezzo meccanico (per esempio una pala gommata), evitando che lo stesso venga alimentato direttamente dagli autocarri in arrivo;
- d) consentire, in uscita dalla tramoggia di alimentazione, il controllo qualitativo dei materiali con eventuale esclusione dal ciclo produttivo del materiale non idoneo e/o pericoloso ed invio, tramite un by-pass, ad uno stoccaggio separato;
- e) consentire una prima vagliatura, mediante vibrovaglio, per l'eliminazione della frazione fine, e il convogliamento del materiale nella camera di frantumazione del mulino, in modo da avere la riduzione granulometrica dei detriti ed il perfetto distacco delle armature di acciaio dal calcestruzzo;
- f) consentire l'individuazione di sostanze pericolose e/o nocive;
- g) essere dotato di un deferrizzatore primario per l'eliminazione degli elementi ferrosi e di un secondo deferrizzatore, posto più vicino al nastro, in grado di eliminare anche le parti metalliche minute eventualmente sfuggite al primo deferrizzatore;
- h) consentire la separazione automatica, anche in più stadi, delle frazioni di materiale non idoneo (carta, residui di legno, frazioni leggere, ecc.) che devono essere convogliate in appositi contenitori;
- i) essere dotato di un vibrovaglio, per la selezione delle diverse frazioni granulometriche.

Per garantire la costanza della qualità del prodotto, a prescindere dalle tipologie in alimentazione, gli impianti devono essere strutturati in modo tale da consentire la compensazione di carenze o eccedenze di frazioni granulometriche (dovute al tipo di materiale immesso nel ciclo); ciò, mediante la predisposizione di adeguate stazioni di vagliatura, in modo tale che, sul nastro trasportatore che alimenta lo stoccaggio finale del prodotto, sia presente l'intero assortimento granulometrico richiesto.

Tali caratteristiche impiantistiche si intendono di riferimento e, quindi, non vincolanti. Vincolante è l'approvazione dell'impianto da parte della Direzione dei Lavori.

### **3.2. FORMAZIONE, STOCCAGGIO E CARATTERIZZAZIONE DEI LOTTI**

In relazione alla variabilità della provenienza dei materiali in arrivo all'impianto, dalla quale può conseguire una disuniformità del comportamento in opera, gli aggregati riciclati possono essere impiegati unicamente se facenti parte di lotti previamente caratterizzati. I risultati delle prove di laboratorio su campioni, da prelevare secondo le modalità di seguito indicate, sono da ritenersi rappresentativi del solo lotto sul quale è stato effettuato il campionamento.

I singoli lotti di prodotto devono essere stoccati su un piano di posa stabile, pulito, regolare e ben drenato, in modo che risultino ben separati e distinguibili gli uni dagli altri. I lotti hanno di norma dimensioni variabili da 500 a 3000 m<sup>3</sup>.

L'accumulo del materiale può avvenire, per ciascun lotto:

- in cumuli di forma conica o piramidale, costituiti per caduta dall'alto del materiale, senza particolari accorgimenti destinati ad evitare la segregazione granulometrica o a favorire la miscelazione degli apporti;
- in cumuli piatti ed estesi, a superficie superiore piana ed orizzontale e di altezza massima di 3 m; in tal caso possono essere sovrapposte partite diverse, purché la base di appoggio della partita sovrastante sia interamente interna, con adeguato margine, alla superficie superiore della partita sottostante. Questo tipo di accumulo di materiale è da preferire perché contribuisce a prevenire i fenomeni di segregazione che si verificano nei cumuli conici o piramidali;
- con accorgimenti e modalità distributive che consentano di garantire elevati livelli di omogeneità granulometrica e di composizione;
- in volumi predisposti per un sistema di asportazione automaticamente omogeneizzante.

Eccezionalmente, un lotto può essere costituito dal solo contenuto del singolo veicolo impiegato per il trasporto.

### 3.3. CAMPIONAMENTO AI FINI DELLA CARATTERIZZAZIONE DEL PRODOTTO

Il campionamento deve essere eseguito a cura del Personale del Laboratorio specializzato che effettua le prove sul materiale e che redige il relativo Certificato di prova.

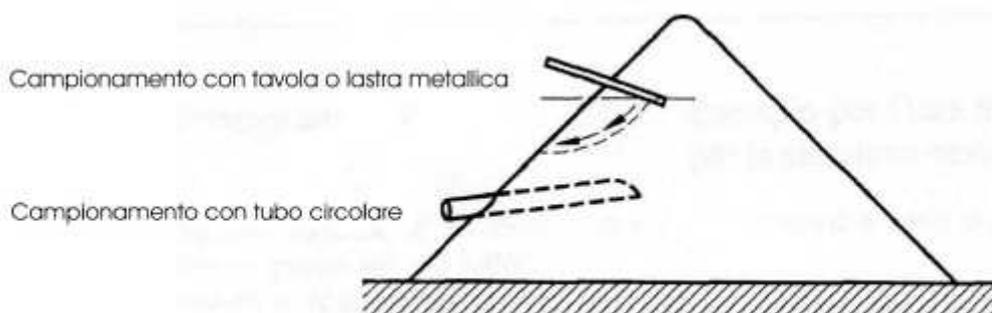
Durante l'esecuzione delle campionature devono essere annotate e riportate in apposito Verbale di prelevamento tutte le notizie che possono concorrere a fornire utili indicazioni sulla rappresentatività dei campioni prelevati, sulla loro ubicazione e sulle condizioni dei cumuli.

Ciascun campione deve essere tenuto separato dagli altri, chiuso in un contenitore contraddistinto da etichetta chiara ed inalterabile, e poi trasportato adottando precauzioni idonee ad evitare l'alterazione delle caratteristiche del materiale, la variazione della granulometria, la segregazione e la perdita di materiale fine.

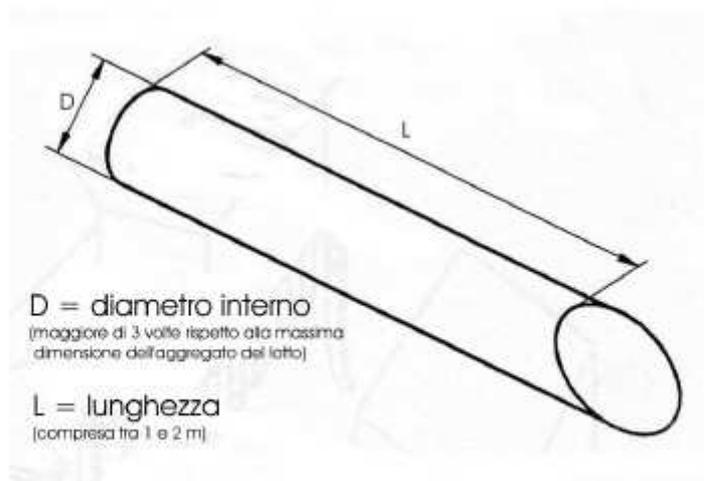
#### 3.3.1. CAMPIONAMENTO DA CUMULI CONICI O PIRAMIDALI

Quando il materiale sia disposto in cumuli costituiti per caduta dall'alto senza particolari accorgimenti, il prelievo dei campioni deve essere eseguito come segue:

- se il materiale si presenta sufficientemente uniforme, con riguardo al colore, alla distribuzione granulometrica, alla composizione o ad altre caratteristiche di immediata evidenza, si preleveranno almeno cinque campioni, ciascuno di massa minima di 50 kg, da parti diverse e a differente quota del cumulo, adottando le accortezze previste dalla Norma UNI EN 932-1 Appendice C (v. Figura 3.1. e 3.2.), avendo cura di ottenere la migliore rappresentatività possibile per i differenti tempi di costituzione del cumulo;
- se nello stesso cumulo il materiale presenta evidenti sensibili disuniformità, sia di colore, sia di granulometria, sia per altri caratteri di immediata evidenza, si devono prelevare distinti campioni in corrispondenza delle notate disuniformità, in numero almeno pari alle zone di diverse caratteristiche e, comunque, non inferiori a sei.



**Figura 3.1 - Campionatura da cumuli conici**



**Figura 3.2 – Tubo di campionamento**

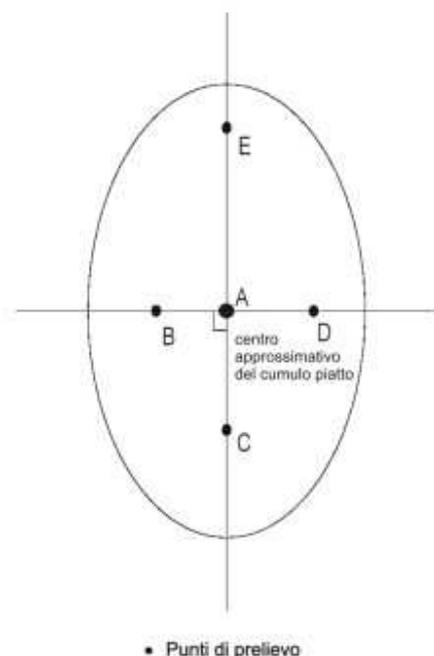
### 3.3.2. CAMPIONAMENTO DA CUMULI PIATTI ED ESTESI

Come già indicato (v. § 3.2) l'accumulo in strati orizzontali è da preferire in quanto contribuisce a prevenire i fenomeni di segregazione che si verificano nei cumuli conici o piramidali. Il cumulo piatto ed esteso, costituente un singolo lotto, deve avere altezza massima di 3.00 m.

Individuato approssimativamente il baricentro della superficie superiore del lotto da saggiare, si eseguono i prelievi, in numero non inferiore a quello indicato nella Tabella 3.1, in punti opportunamente prescelti su una spirale avente origine nel baricentro (come esemplificato nella Figura 3.3), in modo da evidenziare eventuali disuniformità.

**Tabella 3.1 - Campionatura da cumuli piatti**

Volume del cumulo piatto (m <sup>3</sup> )	< 500	500 ÷ 1000	1000 ÷ 3000
Numero minimo di campioni	3	4	5



$r/R_{max}$	Numero di prelievi		
	3	4	5
A 0	X	X	X
AB 0,55		X	X
AC 0,85		X	X
AD 0,72	X		X
AE 0,96	X	X	X

**Figura 3.3 - Campionatura da cumuli piatti**

Ciascun campione, del peso minimo di 50 kg, deve essere rappresentativo del materiale presente in tutto lo spessore del cumulo piatto, per altezze del cumulo non superiori a 3 metri. Qualora il cumulo abbia altezze superiori a 3 metri, in ognuno dei punti di prelievo va prelevato un campione ogni 3 metri o frazione.

### 3.3.3. CAMPIONAMENTO DA LOTTI OMOGENEIZZATI IN FASE DI FORMAZIONE

Se i lotti vengono disposti in cumuli piatti ed estesi ed omogeneizzati in modo automatico durante la loro formazione, il campionamento può essere effettuato progressivamente e contestualmente alla formazione, purché si adottino sistemi automatici atti a garantire la rappresentatività e la non alterabilità del prelievo. In tale caso il campione globale deve essere suddiviso in parti corrispondenti ad afflussi relativi al massimo a 3 metri di cumulo; ciascuna parte va poi ridotta tramite quartatura al peso minimo di circa 50 kg del campione da sottoporre a prova.

In alternativa possono essere eseguiti prelievi dopo aver terminato la formazione del cumulo, secondo la procedura più idonea tra quelle indicate nei precedenti § 3.3.1. e § 3.3.2.

### 3.3.4. CAMPIONAMENTO DAI VEICOLI IMPIEGATI PER IL TRASPORTO

Qualora si renda necessario eseguire il prelievo dei campioni dai veicoli impiegati per il trasporto del materiale, si procede, per ciascun veicolo, secondo la procedura e con le cautele indicate dalla Norma UNI EN 932-1. I singoli campioni, del peso minimo di circa 50 kg devono essere tenuti separati e sottoposti alle prove separatamente.

## 3.4. - ACCETTAZIONE PER L'IMPIEGO

L'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni, la documentazione relativa alla qualificazione dei lotti che intende impiegare, completa delle certificazioni relative alle analisi effettuate. I risultati devono essere riportati distintamente per ciascuna prova. Il lotto deve essere infine caratterizzato mediante i valori massimi e minimi ottenuti dalle

determinazioni sui relativi campioni (ad esempio valore del coefficiente di abrasione "Los Angeles" secondo la Norma UNI EN 1097-2: 35÷42).

La documentazione di qualifica del materiale dovrà essere presentata per ogni lotto che si intende impiegare.

#### **4. – COSTRUZIONE DEL CORPO DEI RILEVATI STRADALI**

##### **4.1. - GENERALITÀ**

Il corpo stradale, al di fuori dei tratti occupati da opere d'arte maggiori (viadotti e gallerie), si realizza attraverso movimenti di materiali mediante l'apertura di trincee o la costruzione di rilevati.

Si distinguono, più in generale, nei movimenti di materiali le seguenti lavorazioni:

- lo smacchiamento generale (taglio di alberi arbusti e cespugli, estirpazioni delle radici), lo scoticamento e la rimozione del terreno vegetale (o a rilevante contenuto di sostanze organiche);
- gli scavi di sbancamento per l'apertura della sede stradale in trincea, per la predisposizione dei piani di appoggio dei rilevati e per le opere di pertinenza stradali;
- gli scavi a sezione ristretta per l'impianto di opere d'arte, gli scavi subacquei, le demolizioni, gli scavi in roccia;
- la formazione dei rilevati, compreso lo strato superiore su cui poggia la pavimentazione stradale (sottofondo).

Salvo casi speciali, dettati da particolarissime condizioni locali e relativi a ridotte volumetrie, i movimenti di materiali si eseguono con l'impiego di apparecchiature meccaniche specializzate per lo scavo, il trasporto, la stesa ed il costipamento.

##### **4.2. – PIANIFICAZIONE DEI LAVORI**

Con riferimento alla verifica del progetto, ai sensi dell'art. 131 del DPR 554/99, ed alle lavorazioni per la formazione del corpo stradale in trincea e in rilevato, l'Impresa deve presentare, per l'approvazione da parte della Direzione Lavori, un programma dettagliato dei movimenti di materia, nonché eseguire un'indagine conoscitiva sulle più idonee modalità di esecuzione dei relativi lavori basata su determinazioni sperimentali di laboratorio e su prove in vera grandezza (v. §4.3.).

Detta indagine si articola di norma come segue:

- rilievo geometrico diretto dell'andamento morfologico del terreno in corrispondenza delle sezioni di progetto e di altre eventuali sezioni intermedie integrative;
- rilievo, attraverso pozzetti stratigrafici, dello spessore di ricoprimento vegetale;
- identificazione della natura e dello stato dei materiali per la valutazione dell'attitudine al particolare impiego, prevedendo le prove di laboratorio di cui ai seguenti paragrafi.

##### **4.3. – CAMPI PROVA**

Con la sola eccezione di lavori per i quali i volumi dei movimenti di materiali siano del tutto trascurabili (come tali individuati nel Progetto approvato) e salvo diverse disposizioni della Direzione Lavori, l'Impresa è tenuta a realizzare (per ciò mettendo a disposizione della Direzione Lavori personale e mezzi adeguati) una sperimentazione in vera grandezza (campo prova), allo scopo di definire, sulla scorta dei risultati delle prove preliminari di laboratorio e con l'impiego dei mezzi effettivamente disponibili, gli spessori di stesa ed il numero di passaggi dei compattatori che permettono di raggiungere le prestazioni (grado di addensamento e/o portanza) prescritte.

La sperimentazione in vera grandezza deve riguardare ogni approvvigionamento omogeneo di materiale che si intende utilizzare per la costruzione del corpo stradale.

Il progetto del campo prova, definito nel dettaglio, dovrà essere presentato dall'Impresa e approvato dalla Direzione Lavori.

L'onere economico della sperimentazione in campo prove è compreso nel prezzo d'appalto e, quindi, cade a carico dell'Impresa. Il sito della prova può essere compreso nell'area d'ingombro del corpo stradale, anche in corrispondenza di un tratto di rilevato: in questo caso dopo la sperimentazione è fatto obbligo all'Impresa di demolire le sole parti del manufatto non accettabili rispetto alle prestazioni ad esse richieste nella configurazione finale.

La sperimentazione va completata prima di avviare l'esecuzione dei rilevati, per essere di conferma e di riferimento al programma dettagliato dei movimenti di materia e alle modalità delle lavorazioni; in ogni caso, se applicata a materiali diversi deve precedere, per ciascuno di essi, l'inizio del relativo impiego nell'opera. Analogamente la sperimentazione va ripetuta in caso di variazione del parco macchine o delle modalità esecutive.

A titolo orientativo, per quanto attiene alle modalità operative che dovranno essere dettagliate nel progetto presentato dall'Impresa per l'approvazione alla Direzione Lavori, si segnala che:

- l'area prescelta per la prova in vera grandezza deve essere perfettamente livellata, compattata e tale da presentare caratteristiche di deformabilità analoghe a quelle dei materiali in esame;
- la larghezza della stesa di prova deve risultare almeno pari a tre volte quella del rullo compattatore;
- i materiali vanno stesi in strati di spessore costante (o variabile qualora si voglia individuare lo spessore ottimale), provvedendo a compattarli con regolarità ed uniformità e simulando, durante tutte le fasi di lavoro, le modalità esecutive che poi saranno adottate nel corso dei lavori;
- per ciascun tipo di materiale e per ogni modalità esecutiva, occorre mettere in opera almeno 2 o 3 strati successivi; per ciascuno di essi vanno eseguite le prove di controllo dopo successive passate (ad esempio, dopo 4, 6, 8, passate).

Una prova preliminare di sperimentazione in vera grandezza deve obbligatoriamente essere predisposta quando l'impiego dei materiali riciclati supera complessivamente il volume di 10000 m<sup>3</sup>; il campo prova deve essere comunque predisposto, anche per volumi inferiori di inerti da riciclo, quando i materiali disponibili presentino caratteristiche fisiche e comportamentali difformi dai requisiti di seguito riportati per ogni specifico impiego, o quando in progetto siano state indicate tipologie di inerti da riciclo differenti da quelle effettivamente reperibili in zona.

Il campo prova deve essere controllato mediante la determinazione dei moduli di deformazione Md e Md' (CNR B.U. n.146/92); le misure debbono essere effettuate per ogni strato almeno in cinque punti appartenenti ad una porzione omogenea del manufatto, con interessamento in senso trasversale dell'intera piattaforma. Debbono essere, inoltre, misurati i valori della massa volumica del secco in sito (CNR B.U. n. 22/72), del contenuto d'acqua (CNR UNI 10008/63) nella porzione di materiale in vicinanza dei punti di misura del modulo di deformazione, nonché gli spessori degli strati finiti. Dovranno inoltre essere determinate le granulometrie dei campioni di materiale già costipato per un confronto con le granulometrie effettuate sugli stessi materiali prima della compattazione.

Le prove con piastra a doppio ciclo di carico (CNR B.U. n.146/92) consentiranno la determinazione del rapporto Md'/Md tra i moduli di deformazione rispettivamente al secondo ed al primo ciclo di carico. Il valore di tale rapporto potrà costituire un elemento di giudizio, da parte della Direzione Lavori, circa la qualità del costipamento ottenuto.

Nei cantieri di grande dimensione e in ogni caso in cui i controlli in corso d'opera vengano effettuati impiegando prove rapide e/o ad alto rendimento come quelle eseguite tramite il Falling Weight Deflectometer FWD (ASTM D4694/96) che consentono la determinazione del modulo elastico equivalente "E", le indagini preliminari sui rilevati sperimentali sono finalizzate anche a stabilire le necessarie correlazioni tra i valori del grado di addensamento (CNR B.U. n.69/78 e CNR B.U. n.22/72) e/o dei moduli di deformazione Md e Md' (CNR B.U. n.146/92) e quelli dei moduli elastici equivalenti "E" determinati tramite il Falling Weight Deflectometer.

I risultati delle prove vanno riportati in apposito Verbale redatto dalla Direzione Lavori, che ne trae le conclusioni sull'accettazione dei materiali sperimentati, delle macchine operatrici e sulle modalità di posa in opera.

#### **4.4. – PIANO PARTICOLAREGGIATO DELLE LAVORAZIONI**

In sostanziale aderenza alle previsioni di progetto, per il conseguimento delle prestazioni previste per i manufatti e per le loro singole parti, l'Impresa deve redigere un piano particolareggiato delle lavorazioni, che contenga:

- la specificazione della provenienza dei diversi materiali di cui si compone il corpo stradale nelle sue varie parti, corredata da un bilancio quantitativo che tenga conto delle presumibili variazioni volumetriche connesse alle operazioni di scavo e di costipamento;
- le risorse impegnate nelle lavorazioni programmate, (mezzi, mano d'opera, personale e attrezzature del laboratorio di cantiere, ecc.), la durata e la collocazione temporale dell'impegno;
- le modalità di posa in opera di ciascun materiale, da verificare nel campo prova, in ordine a:
  - o spessori di stesa consentiti dai mezzi di costipamento;
  - o attitudine dei mezzi d'opera e, in particolare dei compattatori, ad assicurare le prescritte prestazioni;
  - o numero di passate e velocità media di avanzamento dei mezzi costipanti;
  - o le prevalenti condizioni di umidità naturale dei materiali impiegati all'atto della posa in opera, in Relazione alle quali sono dettagliati nel piano gli eventuali procedimenti di umidificazione, deumidificazione, correzione e/o stabilizzazione;
- le modalità esecutive delle operazioni propedeutiche e collaterali alla posa in opera:
- umidificazione, deumidificazione, sminuzzamento, mescolamento, correzione, stabilizzazione, spargimento;
- la programmazione e la progettazione delle opere di supporto all'esecuzione delle lavorazioni;
- piste provvisorie, raccordi alla viabilità di accesso al cantiere di lavoro, piazzali di deposito provvisorio;
- eventuali integrazioni o modifiche del progetto per apertura, coltivazione e recupero ambientale delle cave di prelievo e dei siti di deposito, opere di sostegno provvisorio degli scavi, di drenaggio e di difesa dalle acque;
- le modalità di recupero ambientale, di ricopertura di realizzazione di opere in verde a protezione dei pendii dalle erosioni superficiali.

Ogni proposta di variazione del piano particolareggiato dei lavori che si rendesse utile o necessaria in corso d'opera deve essere motivatamente presentata al Direttore dei Lavori e da questi tempestivamente esaminata.

La suddetta programmazione è anche condizione indispensabile per la gestione del cantiere in regime di controllo di qualità della prestazione, ai sensi delle Norme UNI EN ISO serie 9000.

#### **4.5. – PIANO DI POSA**

##### **4.5.1 – PREPARAZIONE DEL TERRENO DI SEDIME**

Immediatamente prima della costruzione del corpo del rilevato, l'Impresa deve procedere alla rimozione e all'asportazione della terreno vegetale, facendo in modo che il piano di imposta risulti quanto più regolare possibile, privo di avvallamenti e, in ogni caso, tale da evitare il ristagno di acque piovane. Durante i Lavori di scoticamento si deve evitare che i mezzi possano rimaneggiare i terreni di impianto.

Ogni qualvolta il corpo del rilevato deve poggiare su un declivio con pendenza superiore al 15% circa, anche in difformità dal Progetto, il piano particolareggiato delle lavorazioni prevederà che, ultimata l'asportazione del terreno vegetale, fatte salve altre più restrittive prescrizioni derivanti dalle specifiche condizioni di stabilità globale del pendio, si deve procedere alla sistemazione a gradoni del piano di appoggio con superfici di posa in leggera contropendenza (1÷2%). Per la continuità spaziale delle

gradonature si deve curare, inoltre, che le alzate verticali si corrispondano, mantenendo costante la loro distanza dall'asse stradale. Inoltre, le gradonature debbono risultare di larghezza contenuta, compatibilmente con le esigenze di cantiere e le dimensioni delle macchine per lo scavo.

In corrispondenza di allargamenti di rilevati esistenti il terreno costituente il corpo del rilevato, sul quale addossare il nuovo materiale, deve essere ritagliato a gradoni orizzontali, avendo cura di procedere per fasi, in maniera tale da far seguire ad ogni gradone (di alzata non superiore a 50 cm) la stesa ed il costipamento del corrispondente strato di ampliamento di pari altezza.

L'operazione di gradonatura deve essere sempre preceduta dalla rimozione dello strato di terreno vegetale e deve essere effettuata immediatamente prima della costruzione del corpo del rilevato, per evitare l'esposizione alle acque piovane dei terreni denudati.

La regolarità del piano di posa dei rilevati, previa ispezione e controllo, deve essere approvata da parte della Direzione Lavori che, nell'occasione e nell'ambito della discrezionalità consentita, può richiedere l'approfondimento degli scavi di sbancamento, per bonificare eventuali strati di materiali torbosi o coesivi (di portanza insufficiente o suscettibili di futuri cedimenti), o anche per asportare strati di terreno rimaneggiati o rammolliti per inadeguata organizzazione dei lavori e negligenza da parte dell'Impresa.

#### 4.5.2 – TERRENI CEDEVOLI

Quando siano stimabili cedimenti dei piani di posa eccedenti i 15 cm, l'Impresa deve prevedere, nel piano dettagliato, un programma per il loro controllo ed il monitoraggio della loro evoluzione nel tempo. La posa in opera delle apparecchiature necessarie (piastre assestometriche) e le misurazioni dei cedimenti sono eseguite a cura dell'Impresa, secondo le indicazioni della Direzione Lavori.

La costruzione del rilevato deve essere programmata in maniera tale che il cedimento residuo ancora da scontare, al termine della sua costruzione, risulti inferiore al 10% del cedimento totale stimato e comunque minore di 5 cm.

L'Impresa è tenuta a reintegrare i maggiori volumi di rilevato per il raggiungimento delle quote di progetto, ad avvenuto esaurimento dei cedimenti, senza per ciò chiedere compensi aggiuntivi.

#### 4.5.3 – REQUISITI DI PORTANZA

Salvo diverse e più restrittive prescrizioni motivate, in sede di progettazione, dalla necessità di garantire la stabilità del rilevato, il modulo di deformazione  $M_d$ , determinato sul piano di posa (naturale o bonificato) del rilevato, secondo la norma CNR B.U. n.146/92, al primo ciclo di carico e nell'intervallo compreso tra  $0,05 \div 0,15$  N/mm<sup>2</sup>, deve risultare non inferiore a:

- 15 N/mm<sup>2</sup> (valore minimo per consentire il corretto costipamento degli strati soprastanti), 23
- quando la distanza del piano di posa rispetto al piano di appoggio della pavimentazione è maggiore di 2,00 m;
- 20 N/mm<sup>2</sup>, quando la distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della pavimentazione è compresa tra 1,00 e 2,00 m;
- per distanze del piano di posa del rilevato rispetto al piano di posa della pavimentazione inferiori a 1,00 si rimanda al seguente § 5. relativo alla "Costruzione dei sottofondi".

Le caratteristiche di portanza del piano di posa del rilevato devono essere accertate in condizioni di umidità rappresentative delle situazioni climatiche e idrogeologiche più sfavorevoli, di lungo termine, con la frequenza stabilita dalla Direzione Lavori in relazione all'importanza dell'opera, all'omogeneità del terreno di posa e, comunque, in misura non inferiore ad una prova ogni 5000 m<sup>2</sup>.

Per i materiali a comportamento "instabile" (collassabili, espansivi, gelivi, etc.) la determinazione del modulo di deformazione deve essere effettuata in condizioni di saturazione del materiale interessato.

#### 4.5.4 – BONIFICHE DEL TERRENO DI SEDIME

Quando la natura e lo stato dei terreni di impianto dei rilevati non consentono di raggiungere con il solo costipamento i valori di portanza richiesti nel precedente §4.5.3., può essere introdotto nel programma dettagliato delle lavorazioni l'approfondimento degli scavi per la sostituzione di un opportuno spessore del materiale esistente con idonei materiali di apporto.

L'opportunità di realizzare questo tipo di lavorazione sarà valutata sulla base di un'analisi geotecnica del problema, che ne dimostri la necessità. Qualora si rendesse necessaria la realizzazione di tale strato è indispensabile definire, sempre mediante un'analisi geotecnica, le caratteristiche dimensionali dell'intervento (spessore ed estensione). L'idoneità dei materiali riciclati da impiegare per la realizzazione di strati di bonifica dei piani di appoggio dei rilevati sarà valutata sulla base dei requisiti richiesti ai materiali da impiegare nella formazione del corpo dei rilevati (di cui al presente § 4) nel caso in cui gli strati di bonifica si trovino a distanza superiore a 1,00 m dal piano di posa della pavimentazione.

#### 4.5.5 – STRATI ANTICAPILLARI

Gli strati anticapillari sono strati di rilevato costituiti da materiali granulari ad elevata permeabilità eventualmente protetti da geotessili con funzione anticontaminante.

Lo strato anticapillare in materiale riciclato, dello spessore generalmente compreso tra 30 e 50 cm, deve essere costituito da elementi granulari con granulometria compresa tra 2 e 50 mm, con passante al setaccio da 2 mm non superiore al 15% in massa e, comunque, con un passante al setaccio da 0,063 mm non superiore al 3%.

Il materiale deve risultare del tutto esente da componenti instabili (gelive, tenere, solubili, etc.) e da componenti vegetali.

Il controllo qualitativo dello strato anticapillare va effettuato mediante analisi granulometriche da eseguirsi in ragione di almeno 1 prova ogni 1000 m<sup>3</sup> di materiale posto in opera, salvo maggiori e più restrittive verifiche disposte dalla Direzione dei Lavori.

Tutti gli altri requisiti qualitativi dei materiali riciclati da impiegare per la realizzazione di questi strati saranno valutati sulla base dei requisiti richiesti ai materiali da impiegare nella formazione del corpo dei rilevati (di cui al presente §.4) nel caso in cui gli strati anticapillari si trovino a distanza superiore a 1,00 m dal piano di posa della pavimentazione o dei requisiti richiesti ai materiali destinati alla formazione dei sottofondi (di cui al successiva §.5) nel caso in cui tali strati siano ubicati a distanza inferiore a 1,00 m dal piano di posa della pavimentazione.

#### 4.6. – AGGREGATI

L'intrinseca variabilità di provenienza dei materiali che compongono gli aggregati riciclati impone di caratterizzarli qualificandoli per lotti omogenei, allo scopo di evitare disuniformità di comportamento dopo la messa in opera (v. §3.).

I requisiti di accettazione degli inerti riciclati di seguito riportati si riferiscono all'impiego nella costruzione degli strati del corpo del rilevato e di bonifiche del piano di posa degli stessi. Si precisa che per corpo del rilevato di che trattasi si intende la porzione di rilevato posta a distanza superiore ad 1 m dal piano di posa della sovrastruttura stradale.

##### 4.6.1 – REQUISITI MECCANICI

Le miscele di materiali riciclati provenienti da attività di costruzione e demolizione devono rispettare i requisiti indicati nella **Tabella 4.1**. Ai fini del loro impiego l'Impresa è tenuta a predisporre, per ogni lotto di materiale, la qualificazione dello stesso tramite certificazione rilasciata da un Laboratorio specializzato.

**Tabella 4.1 – Aggregati da costruzione e demolizione per il corpo dei rilevati**

Componenti	Modalità di prova	Limiti
Contenuto di materiali litici di qualunque provenienza, pietrisco tolto d'opera, calcestruzzi, laterizi, refrattari, prodotti ceramici, malte idrauliche ed aeree, intonaci	UNI EN 13285 Appendice A	> 70% in massa
Contenuto di conglomerati bituminosi	UNI EN 13285 Appendice A	• 25% in massa
Contenuto di vetro e scorie vetrose	UNI EN 13285 Appendice A	• 15% in massa
Contenuto di altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero nel corpo stradale ai sensi della legislazione vigente	UNI EN 13285 Appendice A	• 15% in massa e • 5% per ciascuna tipologia
Contenuto di materiali deperibili o materiali plastici cavi (carta, legno, fibre tessili, cellulosa, sostanze organiche eccetto il bitume, residui alimentari, corrugati, tubi, parti di bottiglie in plastica, ecc.)	UNI EN 13285 Appendice A	• 0,1% in massa
Contenuto di altri materiali (metalli, guaine, gomme, lana di roccia o di vetro, gesso, ecc.)	UNI EN 13285 Appendice A	• 0,6% in massa
Parametri	Modalità di prova	Limiti
Indice di plasticità	CNR UNI 10014	• 6%
Passante al setaccio 63 mm	UNI EN 933-1	> 85% in massa
Passante al setaccio 4 mm	UNI EN 933-1	• 60% in massa
Passante al setaccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	• 25% in massa
Dimensione massima $D_{max}$	UNI EN 933-1	125 mm
Trattenuto setaccio 63 mm	Frantumazione	Assenza di vuoti interni

#### 4.6.2 – REQUISITI CHIMICI

I materiali riciclati debbono appartenere prevalentemente alle tipologie 7.1., 7.2., 7.11. e 7.17. previste dal D.M. 05/02/98, n.72. Non sono ammessi materiali contenenti amianto e/o sostanze pericolose e nocive o con significativi contenuti di gesso. Pertanto, tali materiali debbono essere sottoposti ai test di cessione sul rifiuto come riportato in Allegato 3 del citato D.M. del 05/02/98, o a test equivalente di riconosciuta valenza europea (UNI 10802/2002).

Il contenuto totale di solfati e solfuri (Norma UNI EN 1744-1) deve essere  $\leq 1$  %. Se il materiale viene posto in opera a contatto con strutture in cemento armato, tale valore deve essere  $\leq 0,5$  %.

#### 4.7. – POSA IN OPERA

La stesa del materiale deve essere eseguita con regolarità per strati di spessore costante, con modalità e attrezzature atte a evitare segregazione, brusche variazioni granulometriche e del contenuto d'acqua.

Per evitare disomogeneità dovute alle segregazione che si verifica durante lo scarico dai mezzi di trasporto, il materiale deve essere depositato subito a monte della superficie d'impiego, per esservi successivamente riportato tramite mezzi di stesa.

La granulometria dei materiali costituenti i diversi strati del rilevato deve essere la più omogenea possibile. In particolare, deve evitarsi di porre in contatto strati di materiale a granulometria poco assortita o uniforme (tale, cioè, da produrre nello strato compattato elevata percentuale dei vuoti), a strati di

materiali a grana più fine che, durante l'esercizio, per effetto delle vibrazioni prodotte dal traffico, possano penetrare nei vuoti degli strati sottostanti, provocando cedimenti per assestamento del corpo del rilevato. In ogni caso, il materiale non deve presentare elementi di dimensioni maggiori di 140 mm; questi debbono essere, pertanto, scartati all'impianto di prelievo, prima del carico sui mezzi di trasporto.

Ciascuno strato può essere messo in opera, pena la rimozione, soltanto dopo avere accertato, mediante prove di controllo, l'idoneità dello strato precedente.

Lo spessore sciolto di ogni singolo strato è stabilito in ragione delle caratteristiche dei materiali, delle macchine e delle modalità di compattazione, sperimentate in campo prove, secondo le indicazioni riportate nel §4.3. Le operazioni di compattazione debbono essere determinate mediante la messa a punto degli schemi di rullatura che debbono essere definiti prima dell'inizio dei lavori.

Lo spessore di stesa di norma deve risultare non inferiore a due volte la dimensione massima degli aggregati impiegati.

Il materiale deve essere steso in strati di ridotto spessore, comunque non superiore a 30 cm, e costipato mediante rullatura. La superficie degli strati, a compattazione avvenuta, deve avere una pendenza trasversale pari a circa il 4% e, comunque, tale da garantire lo smaltimento delle acque meteoriche e deve essere evitata la formazione di avvallamenti o solchi. Detta pendenza deve essere mantenuta durante il lavoro e il transito dei mezzi di cantiere, impiegando allo scopo livellatrici o macchine equivalenti.

L'utilizzo di materiali da riciclo per la realizzazione del corpo dei rilevati è consentito purché interessi tutta l'impronta del rilevato stesso. Non sono ammesse alternanze di strati di materiali da riciclo e di terre, anche se appartenenti ad uno dei gruppi A1, A2-4, A2-5, A3 della classificazione di cui alla Norma UNI 10006/2002. Il rilevato, quindi, deve essere costituito al massimo da due fasce di materiale differenti (riciclato e non) in senso verticale; in senso orizzontale, invece, deve essere comunque garantita l'omogeneità dei materiali utilizzati.

Il piano particolareggiato delle lavorazioni indicherà i siti di impiego dei materiali riciclati confinandoli preferibilmente tra opere quali tombini, attraversamenti, opere d'arte ecc., onde evitare che, al contatto con materiali di caratteristiche differenti, si formino giunti o superficie di discontinuità. Potrà altresì prevedere la parzializzazione del corpo del rilevato, destinando gli inerti da riciclo esclusivamente al nucleo centrale, ed utilizzando terre tradizionali (appartenenti ad uno dei gruppi prima citati) per le fasce laterali. In tal caso i terreni di contronucleo vanno posti in strati di spessore pari a quelli realizzati con le materie da riciclo.

#### **4.8. – COMPATTAZIONE**

Nel rispetto delle previsioni di progetto e delle disposizioni che possono essere date in corso d'opera dalla Direzione Lavori, l'Impresa è tenuta a fornire e, quindi, ad impiegare mezzi di costipamento adeguati alla natura dei materiali da mettere in opera e, in ogni caso, tali da permettere di ottenere i requisiti di massa volumica, di portanza e prestazionali richiesti per gli strati finiti.

Per il migliore rendimento energetico dei mezzi di costipamento è opportuno sceglierne la tipologia più idonea (rulli lisci statici, rulli lisci vibranti, rulli gommati, rulli a piedi costipanti) ed operare con umidità prossima a quella ottimale determinata in laboratorio mediante la prova AASHO Mod.

(CNR B.U. n.69/78 o UNI EN 13286-2/2005). L'attitudine delle macchine di costipamento deve essere verificata in campo prova per ogni tipo di materiale che si prevede di impiegare. La loro produzione, inoltre, deve risultare compatibile con quella delle altre fasi (scavo, trasporto e stesa) e con il programma temporale stabilito nel piano particolareggiato dei movimenti di materia (v.§4.4.).

Le macchine di costipamento, la loro regolazione (velocità, massa, pressione di gonfiaggio dei pneumatici, frequenza di vibrazione, ecc.), gli spessori degli strati ed il numero di passaggi, debbono rispettare le condizioni stabilite nel corso della sperimentazione in campo prova. In ogni caso l'efficacia del processo ed il conseguimento degli obiettivi restano nell'esclusiva responsabilità dell'Impresa.

Se non occorre modificare il contenuto d'acqua, una volta steso il materiale, lo strato deve essere immediatamente compattato.

La compattazione deve assicurare sempre un addensamento uniforme all'interno dello strato. Per garantire una compattazione uniforme, anche lungo i bordi del rilevato, le scarpate debbono essere riprofilate, una volta realizzata l'opera, rimuovendo i materiali eccedenti la sagoma di progetto. La stesa ed il costipamento del materiale, pertanto, deve considerare una sovrallarghezza di almeno 0,50 m, per entrambi i lati del rilevato.

Salvo diverse prescrizioni motivate in sede di Progetto, i controlli di qualità degli strati finiti, effettuati mediante misure di massa volumica, di portanza e prestazionali, debbono soddisfare i requisiti indicati nel successivo §4.10. "Controlli". Durante la costruzione del corpo dei rilevati occorre provvedere tempestivamente alla riparazione di danni causati dal traffico di cantiere oltre a quelli dovuti alla pioggia e al gelo.

#### **4.9. -PROTEZIONE**

Si deve garantire la sistematica e tempestiva protezione delle scarpate mediante la stesa di uno strato di terreno vegetale di circa 30 cm di spessore; questo andrà sistemato a strisce orizzontali, opportunamente assestato. Per la sua necessaria ammorsatura si debbono predisporre gradoni di ancoraggio, salvo il caso in cui il rivestimento venga eseguito contemporaneamente alla formazione del rilevato. Il terreno vegetale deve essere tale da assicurare il pronto attecchimento e sviluppo del manto erboso, seminato tempestivamente, con essenze (erbe ed arbusti del tipo previsto in Progetto) scelte per ottenere i migliori risultati in relazione al periodo operativo ed alle condizioni locali.

La semina deve essere ripetuta fino ad ottenere un adeguato ed uniforme inerbimento.

Qualora si dovessero manifestare erosioni di qualsiasi entità, l'Impresa deve provvedere al ripristino delle zone ammalorate a sua cura e spese.

Nel caso in cui si preveda un'interruzione dei lavori per più giorni, l'Impresa è tenuta ad adottare ogni provvedimento per evitare infiltrazioni di acque meteoriche nel corpo del rilevato. Allo scopo, le superfici, ben livellate e compattate, debbono risultare sufficientemente chiuse e presentare pendenza trasversale non inferiore al 4%.

Se dovessero verificarsi cedimenti differiti, dovuti a carenze costruttive, l'Impresa è obbligata ad eseguire a sue spese i lavori di ricarico.

Nel caso di sospensione prolungata della costruzione, alla ripresa delle lavorazioni la parte di manufatto già eseguita deve essere ripulita dalle erbe e dalla vegetazione che vi si fosse insediata;

inoltre lo strato superiore deve essere scarificato, praticandovi dei solchi per il collegamento dei nuovi strati. In questo caso è opportuno ripetere le prove di controllo dell'addensamento, della portanza e delle caratteristiche prestazionali.

#### **4.10. -CONTROLLI**

##### **4.10.1 – CONTROLLI DELLE FORNITURE**

In corso d'opera, sia per le necessità connesse alla costruzione degli strati, particolarmente per quanto riguarda il costipamento, sia per valutare che non abbiano a verificarsi variazioni nella qualità dei materiali, devono essere effettuate prove di controllo su campioni prelevati in contraddittorio con la Direzione dei Lavori.

Il numero dei campioni dipende dall'eterogeneità dei materiali interessati; per ogni approvvigionamento omogeneo la numerosità delle prove di attitudine deve rispettare i criteri quantitativi riportati nella **Tabella 4.3**, salvo diverse e documentate prescrizioni della Direzione dei Lavori.

**Tabella 4.3**  
**Frequenza dei controlli delle forniture dei materiali per il corpo dei rilevati**

Controllo	Primi 5000 m <sup>3</sup>	Ulteriori m <sup>3</sup>
Controllo dei requisiti di cui alla Tabella 4.1	ogni 500 m <sup>3</sup>	ogni 3000 m <sup>3</sup>
Umidità naturale	ogni 500 m <sup>3</sup> ( * )	ogni 1000 m <sup>3</sup> ( * )
Costipamento AASHO (CNR B.U. n.69/78 o UNI EN 13286-2/2005)	ogni 500 m <sup>3</sup>	ogni 3000 m <sup>3</sup>
( * ) e comunque rapportate alle condizioni meteorologiche locali e all'omogeneità dei materiali messi in opera		

#### 4.10.2 – CONTROLLI PRESTAZIONALI SUGLI STRATI FINITI

Il livello prestazionale degli strati posti in opera deve essere accertato, in relazione alla granulometria del materiale impiegato, attraverso il controllo dell'addensamento raggiunto, rispetto al riferimento desunto dalle prove di addensamento AASHO Mod. di laboratorio, e attraverso il controllo della capacità portante. Le prove di controllo della portanza devono essere effettuate mediante misure del modulo di deformazione Md, al primo ciclo di carico, secondo quanto previsto dalla norma CNR B.U. n.146/92.

Il controllo mediante misure di massa volumica in sito (CNR B.U. n.22/72) per la successiva verifica del grado di addensamento può essere applicato soltanto se, come previsto dalla norma CNR B.U. n.69/78, la frazione di materiale trattenuto al setaccio da 20 mm UNI EN 932-2 non supera il 35% della massa totale. In questo caso il controllo può essere effettuato previa correzione del peso di volume del secco in sito, per tenere conto della presenza di elementi di dimensioni maggiori di 20 mm, determinando la massa volumica in sito tramite la relazione:

$$\gamma_{d,sito} = \frac{P_d - P'_d}{V - V'}$$

Pd : massa totale dopo essiccazione del materiale prelevato;

V : volume totale occupato in sito dal materiale prelevato;

P'd : massa del secco della frazione trattenuta al setaccio UNI EN 20 mm;

V' = P'd /  $\gamma_s$  : volume della frazione trattenuta al setaccio UNI EN 20 mm;

$\gamma_s$  : massa volumica apparente della frazione trattenuta al setaccio UNI EN 20 mm.

Quando per le caratteristiche dimensionali del materiale non sia possibile procedere al controllo prestazionale con misure di massa volumica (non essendo possibile determinare riferimenti rappresentativi da prove di costipamento AASHO Mod. di laboratorio), per valutare il grado di costipamento la Direzione Lavori può prescrivere l'esecuzione di prove di modulo a doppio ciclo di carico (CNR B.U. 146/92).

La determinazione del modulo al secondo ciclo di carico permette, in ogni caso, di ottenere più ampi elementi di giudizio sulla qualità meccanica degli strati posti in opera, ivi compresi quelli sottostanti lo strato esaminato. Il rapporto tra il valore del modulo di deformazione Md' al secondo ciclo di carico ed il valore del modulo di deformazione Md al primo ciclo di carico dovrà, in ogni caso, essere non superiore a 2,5. La prova di carico a doppio ciclo risulta inoltre necessaria quando le prove di portanza non sono eseguite immediatamente dopo l'ultimazione del costipamento e, pertanto, è ragionevole temere che le misure al primo ciclo possano risultare influenzate dal disturbo prodotto dagli agenti atmosferici sulla parte più superficiale dello strato.

In alternativa, o anche ad integrazione delle misure di modulo di deformazione, il controllo della portanza degli strati finiti può essere effettuato mediante misure di deflessione, operando con mezzi ad alto

rendimento come il Falling Weight Deflectometer FWD (ASTM D4694/96) che consente la determinazione del modulo di elastico equivalente "E". Le soglie da raggiungere debbono essere determinate, preliminarmente, sulla base delle correlazioni stabilite in campo prova tra il modulo "E" e il modulo di deformazione  $M_d$ , tenuto conto della struttura da realizzare e del materiale in esame. Le misure di deflessione risultano, generalmente, assai più rapide dalle misure di modulo di deformazione e, pertanto, possono essere convenientemente predisposte per ottenere una rappresentazione della variazione della portanza sull'intera estensione dello strato esaminato, sia in senso longitudinale, sia in senso trasversale, se ciò è ritenuto necessario, come nel caso degli ampliamenti e delle sezioni a mezza costa. Queste determinazioni possono inoltre rappresentare la base per la scelta dei punti in cui effettuare misure del modulo di deformazione  $M_d$  se occorre determinare la distribuzione spaziale della portanza degli strati di rilevato realizzati, finalizzata al sezionamento del rilevato in tronchi omogenei di portanza.

Dato che la portanza di una materiale granulare dipende dal suo contenuto d'acqua in misura più o meno maggiore in relazione alla natura del materiale stesso, i livelli prestazionali indicati nella **Tabella 4.4** si riferiscono a contenuti d'acqua "w" compresi tutti nell'intervallo:

$$w_{ott} - 2,0\% < w < w_{ott} + 2,0\%$$

( $w_{ott}$  = umidità ottima di costipamento ricavata con prove AASHO Mod.)

Se il contenuto d'acqua "w" del materiale al momento delle prove dovesse risultare esterno all'intervallo sopra specificato, la capacità portante può essere stimata a partire dalle relative misure effettuate tenendo opportunamente conto dell'influenza dell'umidità. Ciò richiede che per il dato materiale siano determinate preliminarmente nel campo prova le correlazioni tra la capacità portante e l'umidità del materiale stesso.

Quando le suddette correlazioni non siano state determinate, nel caso delle prove di carico con piastra (o di deflessione tramite FWD) occorre ricondurre il contenuto d'acqua del materiale (per uno spessore di almeno 15 cm) all'interno dell'intervallo sopraindicato.

#### Criteria di qualità e requisiti prestazionali per gli strati del corpo del rilevato <sup>(1)</sup>

TRAFFICO	Grado di addensamento $\gamma_{d,sito}/\gamma_{dmax,laboratorio}$ [%]	Modulo di deformazione $M_d$ [N/mm <sup>2</sup> ] <sup>(2)</sup>	$M_d^* / M_d$ <sup>(3)</sup>	"E" determinato tramite F.W.D.
P e PP	≥ 92 % AASHO Mod.	≥ 30	• 2,5	≥ del valore determinato in campo prove
L e M	≥ 90 % AASHO Mod.	≥ 25	• 2,5	≥ del valore determinato in campo prove

<sup>(1)</sup> Strati posti a più di 1,0 m dal piano di posa della pavimentazione;  
<sup>(2)</sup> Determinato al primo ciclo di carico nell'intervallo di pressione tra 0,05 e 0,15 N/mm<sup>2</sup>;  
<sup>(3)</sup> Ove prescritto dalla Direzione Lavori.

Le prove di controllo vanno ubicate nei punti indicati dalla Direzione Lavori e formano oggetto di apposito Verbale.

#### 4.10.3. – FREQUENZA DEI CONTROLLI DEGLI STRATI FINITI

Salvo diverse e documentate prescrizioni della Direzione Lavori, la frequenza delle prove di controllo degli strati finiti deve rispettare quanto previsto nella seguente **Tabella 4.5**.

**Tabella 4.5**  
**Frequenza dei controlli sugli strati finiti del corpo del rilevato <sup>(1)</sup>**

Controllo	Primi 5.000 m <sup>3</sup>	Ulteriori m <sup>3</sup>
Grado di addensamento	ogni 1000 m <sup>3</sup>	ogni 3000 m <sup>3</sup>
Modulo di deformazione M <sub>d</sub>	ogni 1000 m <sup>3</sup>	ogni 3000 m <sup>3</sup>
Rapporto M <sub>d</sub> / M <sub>d</sub> '	ogni 1000 m <sup>3</sup>	ogni 3000 m <sup>3</sup>
Modulo elastico equivalente E con FWD	ogni 1000 m <sup>3</sup>	ogni 3000 m <sup>3</sup>
<sup>(1)</sup> Strati posti a più di 1,0 m dal piano di posa della pavimentazione.		

#### 4.11. – TOLLERANZE

##### 4.11.1. – TOLLERANZE DEI RISULTATI DELLE PROVE DI CONTROLLO

Per ciascun tipo di prova di controllo, nel caso in cui il numero delle misure risulti inferiore a 5, come può avvenire per lavori di entità molto modesta, tutti i valori misurati debbono rispettare le soglie minime riportate nella **Tabella 4.4**.

Negli altri casi si può accettare che su n. 5 risultati d'una stessa prova di controllo 1 risultato possa non rispettare i valori minimi richiesti, purché lo scostamento da tali valori minimi non ecceda:

- il 5%, per le misure del grado di addensamento;
- il 10%, per le misure dei moduli M<sub>d</sub> e M<sub>d</sub>';

Per le prove deflettometriche ad alto rendimento la media dei valori del modulo "E" ricavata da almeno 20 determinazioni non dovrà essere inferiore ai valori minimi prestabiliti. Può essere tollerato uno scostamento da tali valori minimi purché lo scostamento stesso non ecceda il 20%.

##### 4.11.2. – TOLLERANZE DELLE GIACITURE DEI PIANI REALIZZATI RISPETTO A QUELLE DI PROGETTO

L'Impresa è tenuta a rispettare le seguenti tolleranze d'esecuzione sui piani finiti:

- ± 2% per la pendenza delle scarpate di trincea e di rilevato;
- ± 5 cm, per i piani di appoggio degli strati di sottofondo;
- ± 10 cm, per i piani delle scarpate, rivestite o non con terra vegetale.

La misura di queste tolleranze va eseguita mediante regolo rigido di 4 m di lunghezza (Norma UNI EN 13036-7/2004), disposto secondo due direzioni ortogonali; gli scostamenti vanno letti in direzione normale ai piani considerati.

I controlli di esecuzione delle scarpate e dei piani di posa degli strati di sottofondo sono effettuati di norma ogni 500 m<sup>2</sup>.

## **5. – COSTRUZIONE DEI SOTTOFONDI STRADALI**

### **5.1. - GENERALITÀ**

Il sottofondo è il volume di materiale nel quale risultano ancora sensibili le sollecitazioni indotte dal traffico stradale e trasmesse dai sovrastanti strati della pavimentazione; rappresenta la zona di transizione fra il terreno in sito e la sovrastruttura.

Per assicurare i requisiti richiesti ai sottofondi delle sovrastrutture stradali, particolarmente per quanto riguarda la portanza (nello spazio e nel tempo) e la regolarità della superficie finita, è necessario prevedere la sistemazione dei sottofondi, generalmente mediante la realizzazione di uno strato di caratteristiche idonee a garantire l'omogeneità richiesta per i piani di posa delle sovrastrutture stesse.

Questo strato deve garantire le seguenti prestazioni:

- costituire un supporto alla sovrastruttura dotato di capacità portante omogenea e sufficiente a garantire i livelli di stabilità e di funzionalità ammessi in progetto per la sovrastruttura stessa;
- proteggere, in fase di costruzione, gli strati sottostanti dall'infiltrazione di acqua piovana e, durante l'esercizio, lo strato di fondazione soprastante dalle risalite di materiale fine inquinante.

In termini generali, lo spessore totale dello strato di sottofondo (da realizzare, a seconda dei casi, con la stesa ed il costipamento di uno o più strati) dipende dalla natura del materiale utilizzato, dalla portanza del suo supporto e da quella assunta in progetto per il piano di posa della sovrastruttura.

Per la scelta del materiale e per i provvedimenti costruttivi occorre tenere conto, inoltre, dei rischi d'imbibizione di questo strato, delle condizioni climatiche previste in fase costruttiva (precipitazioni) ed in fase di esercizio (gelo), nonché del prevedibile traffico dei mezzi di cantiere e delle necessità connesse alla costruzione dei sovrastanti strati della pavimentazione.

### **5.2. - PIANIFICAZIONE DEI LAVORI**

Con riferimento alla verifica del progetto ed alle lavorazioni per la realizzazione dei sottofondi, l'Impresa deve presentare, per l'approvazione da parte della Direzione Lavori, un programma dettagliato dei movimenti di materia, nonché eseguire un'indagine conoscitiva sulle più idonee modalità di esecuzione dei relativi lavori, basata su determinazioni sperimentali di laboratorio e su prove in vera grandezza (v. §5.3.).

### **5.3. - CAMPI PROVA**

Con la sola eccezione di lavori per i quali i volumi dei movimenti di materiali da mettere in opera siano del tutto trascurabili e salvo diverse disposizioni della Direzione dei Lavori, l'Impresa è tenuta a realizzare (per ciò mettendo a disposizione della Direzione Lavori personale e mezzi adeguati) una sperimentazione in vera grandezza (campo prova), allo scopo di definire, sulla scorta dei risultati delle prove preliminari di laboratorio e con l'impiego dei mezzi effettivamente disponibili, gli spessori di stesa ed il numero di passaggi dei compattatori che permettono di raggiungere il grado di addensamento, la portanza e le caratteristiche prestazionali prescritte.

Il progetto del campo prova, definito nel dettaglio, dovrà essere presentato dall'Impresa e approvato dalla Direzione Lavori.

La sperimentazione in vera grandezza deve riguardare ogni approvvigionamento omogeneo di materiale che si intende utilizzare per la costruzione del sottofondo.

L'onere economico di questa sperimentazione è compreso nel prezzo d'appalto e, quindi, cade a carico dell'Impresa. Il sito della prova può essere ubicato su un'area del piano di posa dei sottofondi: in questo caso dopo la sperimentazione è fatto obbligo all'Impresa di demolire le sole parti del sottofondo stesso non accettabili sulla base delle prestazioni ad esse richieste nella configurazione finale.

La sperimentazione va completata prima di avviare l'esecuzione dei sottofondi, per essere di conferma e di riferimento al piano delle modalità delle lavorazioni; in ogni caso, se applicata a materiali diversi deve

precedere, per ciascuno di essi, l'inizio del relativo impiego. Analogamente la sperimentazione va ripetuta in caso di variazione del parco macchine o delle modalità esecutive.

A titolo orientativo, per quanto attiene alle modalità operative da dettagliare nel progetto presentato dall'Impresa per l'approvazione alla Direzione Lavori, si segnala che:

- l'area prescelta per le prove in vera grandezza deve essere perfettamente livellata, compattata e tale da presentare caratteristiche di deformabilità pari a quelle previste per il piano di posa dei sottofondi;
- la larghezza della stesa di prova deve risultare almeno pari a tre volte quella del rullo;
- il materiale va steso in strati di spessore costante, compattandoli con regolarità ed uniformità e simulando le modalità esecutive che poi saranno osservate nel corso dei lavori;
- per ciascun tipo di materiale e per ogni modalità esecutiva, vanno eseguite prove di controllo dopo successive passate del rullo addensante (ad esempio, dopo 2, 4, 6, 8, passate).

Le prove consistono nella determinazione dei moduli  $M_d$  e  $M_d'$  mediante prove di carico con piastra (CNR B.U. n.146/92) e dei moduli "E" ottenuti con il Falling Weight Deflectometer (ASTM D4694/96); le misure debbono essere effettuate in cinque punti appartenenti ad una porzione omogenea di strato, con interessamento in senso trasversale dell'intero piano di posa. Inoltre vanno misurati i valori della massa volumica del secco in sito (CNR B.U. n.22/72), del contenuto d'acqua (CNR UNI 10008/63) nella porzione di materiale prossima ai punti di misura del modulo di deformazione e dello spessore degli stati finiti. Dovranno inoltre essere effettuate prove granulometriche su campioni di materiale già costipato per un confronto con le granulometrie determinate sui materiali prima della messa in opera.

Le prove con piastra a doppio ciclo di carico (CNR B.U. n.146/92) consentiranno la determinazione del rapporto  $M_d'/M_d$  tra i moduli di deformazione al secondo ed al primo ciclo di carico. Il valore di tale rapporto potrà costituire un elemento di giudizio, da parte della Direzione Lavori, circa la qualità del costipamento ottenuto.

Nei cantieri di grande dimensione e in ogni caso in cui i controlli in corso d'opera vengano effettuati impiegando prove rapide e/o ad alto rendimento come quelle eseguite tramite il Falling Weight Deflectometer FWD (ASTM D4694/96) che consentono la determinazione del modulo elastico equivalente "E", le indagini preliminari sui sottofondi sperimentali sono finalizzate anche a stabilire le necessarie correlazioni tra i valori del grado di addensamento (CNR B.U. n.69/78 e CNR B.U. n.22/72) e/o dei moduli di deformazione  $M_d$  e  $M_d'$  (CNR B.U. n.146/92) e quelli dei moduli elastici equivalenti "E" determinati tramite il Falling Weight Deflectometer (ASTM D4694/96).

I risultati delle prove vanno riportati in apposito Verbale redatto dalla Direzione Lavori, che ne trae le conclusioni sull'accettazione del materiale sperimentato, delle macchine operatrici e sulle modalità di posa in opera.

#### **5.4. - PIANO PARTICOLAREGGIATO DELLE LAVORAZIONI**

In sostanziale aderenza alle previsioni di progetto, per il conseguimento delle prestazioni previste per i manufatti e per le loro singole parti, l'Impresa deve redigere un piano particolareggiato delle lavorazioni, che contenga:

- la specificazione della provenienza dei materiali di cui si compone il sottofondo, corredata da un bilancio quantitativo che tenga conto delle presumibili variazioni volumetriche connesse alle operazioni di costipamento;
- le risorse impegnate nelle lavorazioni programmate, (mezzi, mano d'opera, personale e attrezzature del laboratorio di cantiere, ecc.), la durata e la collocazione temporale dell'impegno;
- le modalità di posa in opera del materiale, da verificare nel campo prova, in ordine a:
  - spessori di stesa consentiti dai mezzi di costipamento;
  - attitudine dei mezzi d'opera e, in particolare dei compattatori, ad assicurare le prescritte caratteristiche prestazionali;
  - numero di passate e velocità media di avanzamento dei mezzi costipanti;

- le prevalenti condizioni di umidità naturale dei materiali impiegati all'atto della posa in opera, in relazione alle quali sono dettagliati nel piano gli eventuali procedimenti di umidificazione, deumidificazione, correzione e/o stabilizzazione;
- le modalità esecutive delle operazioni propedeutiche e collaterali alla posa in opera: umidificazione, deumidificazione, sminuzzamento, mescolamento, correzione, stabilizzazione, spargimento;
- la programmazione e la progettazione delle opere di supporto all'esecuzione delle lavorazioni: piste provvisorie, raccordi alla viabilità di accesso al cantiere di lavoro, piazzali di deposito provvisorio;
- eventuali integrazioni con opere di drenaggio e di difesa dalle acque meteoriche.

Ogni proposta di variazione del piano particolareggiato dei lavori che si rendesse utile o necessaria in corso d'opera deve essere motivatamente presentata alla Direzione dei Lavori e da questa tempestivamente esaminata.

La suddetta programmazione è anche condizione indispensabile per la gestione del cantiere in regime di controllo di qualità della prestazione, ai sensi delle Norme UNI EN ISO serie 9000.

#### **5.5. - PIANO DI POSA - REQUISITI DI PORTANZA**

Salvo diverse e più restrittive prescrizioni, motivate in sede di progetto dalla necessità di garantire adeguata stabilità al sottofondo, il modulo di deformazione  $M_d$ , determinato sul piano di posa (naturale o bonificato) degli strati di sottofondo, secondo la norma CNR B.U. n.146/92, al primo ciclo di carico, nell'intervallo compreso tra  $0,05 \div 0,15 \text{ N/mm}^2$ , deve risultare non inferiore a:

- $30 \text{ N/mm}^2$ , quando la distanza del piano di posa degli strati di sottofondo rispetto al piano di appoggio della sovrastruttura è compresa tra 0,50 e 1,00 m
- per distanze inferiori a 0,50 m si applicano i requisiti richiesti ai sottofondi di cui alla Tabella 5.4.

Le caratteristiche di portanza del piano di posa degli strati di sottofondo devono essere accertate in condizioni di umidità rappresentative delle situazioni climatiche e idrogeologiche più sfavorevoli, di lungo termine, con la frequenza stabilita dalla Direzione Lavori in relazione all'importanza dell'opera, all'omogeneità del materiale del piano di posa e, comunque, in misura non inferiore ad una prova ogni  $3000 \text{ m}^2$ . Per i materiali a comportamento "instabile" (collassabili, espansivi, gelivi, etc.) la determinazione del modulo di deformazione deve essere effettuata in condizioni di saturazione del materiale interessato.

#### **5.6. – AGGREGATI**

L'intrinseca variabilità di provenienza dei materiali che compongono gli aggregati riciclati impone di caratterizzarli qualificandoli per lotti omogenei, allo scopo di evitare disuniformità di comportamento dopo la messa in opera (v. §3.).

I requisiti di accettazione degli inerti riciclati di seguito riportati si riferiscono all'impiego nello strato di sottofondo, fino alla profondità di circa 0,50 m a partire dal piano di posa della sovrastruttura.

##### **5.6.1. – REQUISITI FISICO – MECCANICI**

Le miscele di materiali riciclati provenienti da attività di costruzione e demolizione devono rispettare i requisiti indicati Tabella 5.1. Ai fini del loro impiego l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione dello stesso tramite certificazione rilasciata da un Laboratorio specializzato.

**Tabella 5.1 - Aggregati da costruzione e demolizione per strati di sottofondo**

Componenti	Modalità di prova	Limiti
Contenuto di materiali litici di qualunque provenienza, pietrisco tolto d'opera, calcestruzzi, laterizi, refrattari, prodotti ceramici, malte idrauliche ed aeree, intonaci	UNI EN 13285 Appendice A	> 80% in massa
Contenuto di conglomerati bituminosi	UNI EN 13285 Appendice A	• 15% in massa
Contenuto di vetro e scorie vetrose	UNI EN 13285 Appendice A	• 10% in massa
Contenuto di altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero nel corpo stradale ai sensi della legislazione vigente	UNI EN 13285 Appendice A	• 15% in massa e • 5% per ciascuna tipologia
Contenuto di materiali deperibili o materiali plastici cavi (carta, legno, fibre tessili, cellulosa, sostanze organiche eccetto il bitume, residui alimentari, corrugati, tubi, parti di bottiglie in plastica, ecc.)	UNI EN 13285 Appendice A	• 0,1% in massa
Contenuto di altri materiali (metalli, guaine, gomme, lana di roccia o di vetro, gesso, ecc.)	UNI EN 13285 Appendice A	• 0,4% in massa
Parametri	Modalità di prova	Limiti
Perdita per abrasione "Los Angeles"	UNI EN 1097-2	• 45%
Sensibilità al gelo (*)	UNI EN 1367-1	• 30%
Indice di plasticità	CNR UNI 10014	Non Plastico
Passante al setaccio 63 mm	UNI EN 933-1	100%
Passante al setaccio 4 mm	UNI EN 933-1	• 60% in massa
Passante al setaccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	• 15% in massa
Rapporto fra passante al setaccio 0,500 mm e passante al setaccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	> 1,5
Produzione finissimo per costipamento AASHO Mod. nell'intervallo $\pm 2\% W_{OTT}$	CNR B.U. n.69/78 UNI EN 933-1	Differenza $P_{0,063post} - P_{0,063ante}$ • 5%
Indice di forma	UNI EN 933-4	• 35%
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	• 35%
(*) In zone soggette al gelo		

L'idoneità all'impiego del materiale deve essere accertata anche mediante il valore dell'Indice C.B.R. determinato secondo la norma CNR-UNI 10009/64; il materiale sarà ritenuto idoneo se fornisce valori dell'Indice di portanza C.B.R., su provini addensati con energia AASHO Mod. e umidità  $w = w_{ott} \pm 2\%$ , dopo 4 giorni di immersione in acqua, pari a:

**C.B.R. • 20 %;**

In ogni caso il rigonfiamento rilevato secondo le modalità previste dalla stessa Norma CNR-UNI 10009/64 non dovrà essere superiore a 1%.

#### 5.6.2. - REQUISITI CHIMICI

I materiali riciclati debbono appartenere prevalentemente alle tipologie 7.1., 7.2., 7.11. e 7.17. previste dal D.M. 05/02/98, n. 72. Non sono ammessi materiali contenenti amianto e/o sostanze pericolose e nocive o

con significativi contenuti di gesso. Pertanto, tali materiali debbono essere sottoposti ai test di cessione sul rifiuto come riportato in Allegato 3 del citato D.M. del 05/02/98, o a test equivalente di riconosciuta valenza europea (UNI 10802/2002).

Il contenuto totale di solfati e solfuri (Norma UNI EN 1744-1) deve essere  $\leq 1$  %. Se il materiale viene posto in opera a contatto con strutture in cemento armato, tale valore deve essere  $\leq 0,5$  %.

### **5.7. - POSA IN OPERA**

La stesa del materiale deve essere eseguita con regolarità per strati di spessore costante, con modalità e attrezzature atte a evitare segregazione, brusche variazioni granulometriche e del contenuto d'acqua.

Per evitare disomogeneità dovute alle segregazione che si verifica durante lo scarico dai mezzi di trasporto, il materiale deve essere depositato subito a monte della superficie d'impiego, per esservi successivamente riportato tramite mezzi di stesa.

La granulometria dei materiali costituenti i diversi strati del sottofondo deve essere la più omogenea possibile. In particolare, deve evitarsi di porre in contatto strati di materiale a granulometria poco assortita o uniforme (tale, cioè, da produrre nello strato compattato elevata percentuale dei vuoti), a strati di materiali a grana più fine che, durante l'esercizio, per effetto delle vibrazioni prodotte dal traffico, possano penetrare nei vuoti degli strati sottostanti, provocando cedimenti per assestamento del corpo del rilevato. In ogni caso, il materiale non deve presentare elementi di dimensioni maggiori di 63 mm; questi debbono essere, pertanto, scartati all'impianto di prelievo, prima del carico sui mezzi di trasporto.

Ciascuno strato può essere messo in opera, pena la rimozione, soltanto dopo avere accertato, mediante prove di controllo, l'idoneità dello strato precedente.

Lo spessore sciolto di ogni singolo strato è stabilito in ragione delle caratteristiche dei materiali, delle macchine e delle modalità di compattazione, sperimentate in campo prove, secondo le indicazioni riportate nel §5.3. Le operazioni di compattazione debbono essere determinate mediante la messa a punto degli schemi di rullatura che debbono essere definiti prima dell'inizio dei lavori.

Lo spessore di stesa di norma deve risultare non inferiore a due volte la dimensione massima degli aggregati impiegati.

Il materiale deve essere steso in strati di ridotto spessore, comunque non superiore a 30 cm, e costipato mediante rullatura. La superficie degli strati, a compattazione avvenuta, deve avere una pendenza trasversale tale da garantire lo smaltimento delle acque meteoriche e deve essere evitata la formazione di avvallamenti o solchi.

Non sono ammesse alternanze di strati di materiali da riciclo e di materiali granulari naturali.

### **5.8. - COMPATTAZIONE**

Nel rispetto delle previsioni di progetto e delle disposizioni che possono essere date in corso d'opera dalla Direzione Lavori, l'Impresa è tenuta a fornire e, quindi, ad impiegare mezzi di costipamento adeguati alla natura dei materiali da mettere in opera e, in ogni caso, tali da permettere di ottenere i requisiti di densità e di portanza richiesti per gli strati finiti.

Per il migliore rendimento energetico dei mezzi di costipamento è opportuno sceglierne la tipologia più idonea (rulli lisci statici, rulli lisci vibranti, rulli gommati, rulli a piedi costipanti) ed operare con umidità prossima a quella ottimale determinata in laboratorio mediante la prova AASHO Mod. (CNR B.U. n.69/78 o UNI EN 13286-2/2005). L'attitudine delle macchine di costipamento deve essere verificata in campo prova per ogni tipo di materiale che si prevede di impiegare. Le macchine di costipamento, la loro regolazione (velocità, massa, pressione di gonfiaggio dei pneumatici, frequenza di vibrazione, ecc.), gli spessori degli strati ed il numero di passaggi debbono rispettare le condizioni stabilite nel corso della sperimentazione in campo prova. In ogni caso l'efficacia del processo ed il conseguimento degli obiettivi restano nell'esclusiva responsabilità dell'Impresa.

Se non occorre modificare il contenuto d'acqua, una volta steso il materiale, lo strato deve essere immediatamente compattato.

La compattazione deve sempre assicurare un addensamento uniforme all'interno dello strato, anche lungo i bordi dello strato stesso.

Salvo diverse prescrizioni motivate in sede di progetto, i controlli di qualità degli strati finiti, effettuati mediante misure di massa volumica e di portanza, debbono soddisfare i requisiti indicati nel successivo §5.10. "Controlli". Inoltre, durante la formazione degli strati di sottofondo, occorre provvedere tempestivamente alla riparazione di danni causati dal traffico di cantiere oltre a quelli dovuti alla pioggia e/o al gelo.

### 5.9. - PROTEZIONE

Qualora si dovessero manifestare erosioni di qualsiasi entità, l'Impresa deve provvedere al ripristino delle zone ammalorate a sua cura e spese.

Nel caso in cui si preveda un'interruzione dei lavori di più giorni, l'Impresa è tenuta ad adottare ogni provvedimento per evitare infiltrazioni di acque meteoriche all'interno degli strati realizzati. Allo scopo, le superfici, ben livellate e compatte, debbono risultare sufficientemente chiuse e presentare pendenza trasversale non inferiore al 4%.

Se nei sottofondi dovessero avvenire cedimenti differiti, dovuti a carenze costruttive, l'Impresa è obbligata ad eseguire a sue spese i lavori di ricarico.

Nel caso di sospensione prolungata della costruzione, alla ripresa delle lavorazioni le parti già eseguite dovranno essere ripulite dalle erbe e dalla vegetazione che vi si fosse insediata; in tal caso è opportuno ripetere le prove di controllo dell'addensamento e della portanza.

### 5.10. - CONTROLLI

#### 5.10.1. - CONTROLLO DELLE FORNITURE

In corso d'opera, sia per le necessità connesse alla costruzione degli strati, particolarmente per quanto riguarda il costipamento, sia per valutare che non abbiano a verificarsi variazioni nella qualità dei materiali, devono essere effettuate prove di controllo su campioni prelevati in contraddittorio con la Direzione dei Lavori.

Il numero dei campioni dipende dall'eterogeneità dei materiali interessati; per ogni approvvigionamento omogeneo la numerosità delle prove deve rispettare i criteri quantitativi riportati nella Tabella 5.3, salvo diverse e documentate prescrizioni della Direzione dei Lavori.

**Tabella 5.3**  
**Frequenza dei controlli delle forniture dei materiali per sottofondi stradali**

Tipo di prova	Primi 5000 m <sup>3</sup>	Ulteriori m <sup>3</sup>
Controllo dei requisiti di cui alla Tabella 5.1	ogni 500 m <sup>3</sup>	ogni 3000 m <sup>3</sup>
Umidità naturale	ogni 500 m <sup>3</sup> (*)	ogni 1000 m <sup>3</sup> (*)
Costipamento AASHO Mod. (CNR B.U. n.69/78 o UNI EN 13286-2/2005)	ogni 500 m <sup>3</sup>	ogni 3000 m <sup>3</sup>
Indice di portanza C.B.R. (CNR-UNI 10009)	ogni 500 m <sup>3</sup>	ogni 3000 m <sup>3</sup>
(*) e comunque rapportate alle condizioni meteorologiche locali e all'omogeneità dei materiali messi in opera		

### 5.10.2. - CONTROLLI PRESTAZIONALI SUGLI STRATI FINITI

Il livello prestazionale degli strati posti in opera può essere accertato, in relazione alla granulometria del materiale impiegato, attraverso il controllo dell'addensamento raggiunto, rispetto al riferimento desunto dalle prove AASHO Mod. di laboratorio, e attraverso il controllo della capacità portante.

Le prove di controllo della portanza devono essere effettuate mediante misure del modulo di deformazione  $M_d$ , al primo ciclo di carico, secondo quanto previsto dalla norma CNR B.U. n.146/92, nell'intervallo di carico compreso tra 0,15 e 0,25 N/mm<sup>2</sup>.

Il controllo mediante misure di massa volumica del secco in sito (CNR B.U. n.22/72) per la successiva determinazione del grado di addensamento può essere effettuato soltanto se, come previsto dalla norma CNR B.U. n.69/1978, la frazione di materiale trattenuta al setaccio da 20 mm UNI EN 932-2 non supera il 35% della massa totale. In questo caso il controllo può essere effettuato previa correzione del peso di volume del secco in sito, per tenere conto della presenza di elementi di dimensioni maggiori di 20 mm, determinando la massa volumica in sito tramite la relazione:

$$\gamma_{d,sito} = \frac{P_d - P'_d}{V - V'}$$

$P_d$  : massa totale dopo essiccazione del materiale prelevato;

$V$  : volume totale occupato in sito dal materiale prelevato;

$P'_d$  : massa del secco della frazione trattenuta al setaccio UNI EN 20 mm;

$V' = P'_d / \gamma_s$  : volume della frazione trattenuta al setaccio UNI EN 20 mm;

$\gamma_s$  : massa volumica apparente della frazione trattenuta al setaccio UNI EN 20 mm.

Quando per le caratteristiche dimensionali del materiale non sia possibile procedere al controllo prestazionale con misure di massa volumica (non essendo possibile determinare riferimenti rappresentativi da prove di costipamento AASHO Mod. di laboratorio), per valutare il grado di costipamento la Direzione Lavori può prescrivere l'esecuzione di prove di carico con piastra a doppio ciclo di carico (CNR B.U. 146/92) per la determinazione dei moduli di deformazione  $M_d$  e  $M'_d$ .

La determinazione del modulo  $M'_d$  al secondo ciclo di carico permette, in ogni caso, di ottenere più ampi elementi di giudizio sulla qualità meccanica degli strati posti in opera, ivi compresi quelli sottostanti lo strato provato. Il rapporto tra il valore del modulo di deformazione  $M'_d$  al secondo ciclo di carico ed il valore del modulo di deformazione  $M_d$  al primo ciclo di carico non dovrà, in ogni caso, essere superiore a 2,5. La prova di carico con piastra a doppio ciclo risulta inoltre necessaria quando le prove di portanza non sono eseguite immediatamente dopo l'ultimazione del costipamento e, pertanto, è ragionevole temere che le misure al primo ciclo possano risultare influenzate dal disturbo prodotto dagli agenti atmosferici sulla parte più superficiale dello strato.

In alternativa, o anche ad integrazione delle misure di modulo di deformazione, il controllo della portanza degli strati finiti può essere effettuato mediante misure di deflessione, operando con mezzi ad elevato rendimento come il Falling Weight Deflectometer (ASTM D4694/96) che consente la determinazione del modulo elastico equivalente "E". Le soglie da raggiungere debbono essere determinate, preliminarmente, sulla base delle correlazioni stabilite in campo prova tra il modulo "E" e il modulo di deformazione  $M_d$ , tenuto conto del materiale in esame e del valore del modulo "E" stesso previsto nel progetto della sovrastruttura. Le misure di deflessione risultano, generalmente, assai più rapide dalle misure di modulo di deformazione e, pertanto, possono essere convenientemente predisposte per ottenere una rappresentazione della variazione della portanza sull'intera estensione dello strato esaminato, sia in senso longitudinale, sia in senso trasversale, se ciò è ritenuto necessario, come nel caso degli ampliamenti e delle sezioni di mezza costa.

Dato che la portanza di un materiale granulare dipende dal suo contenuto d'acqua "w" in misura più o meno grande in relazione alla natura del materiale stesso, i livelli prestazionali indicati nella Tabella 5.4 si riferiscono a contenuti d'acqua compresi tutti nell'intervallo:

$$w_{ott} - 2,0\% < w < w_{ott} + 2,0\%$$

(wott = umidità ottima di costipamento ricavata con prove AASHO Mod.)

Se il contenuto d'acqua del materiale al momento delle prove dovesse risultare esterno all'intervallo sopra specificato, la capacità portante può essere stimata a partire dalle relative misure effettuate tenendo opportunamente conto dell'influenza dell'umidità. Ciò richiede che per il dato materiale siano determinate preliminarmente nel campo di prova le correlazioni tra la capacità portante e l'umidità del materiale.

Quando le suddette correlazioni non siano state determinate, nel caso delle prove di carico con piastra (o di deflessione tramite FWD) occorre ricondurre il contenuto d'acqua del materiale (per uno spessore di almeno 15 cm) all'interno dell'intervallo sopraindicato.

**Tabella 5.4**  
**Criteri di qualità e requisiti per gli strati di sottofondo <sup>(1)</sup>**

TRAFFICO	Grado di addensamento $\gamma_{d,sito}/\gamma_{dmax,laboratorio}$ [%]	Modulo di deformazione $M_d$ [N/mm <sup>2</sup> ] <sup>(2)</sup>	$M_d' / M_d$ <sup>(3)</sup>	Modulo elastico determinato tramite F.W.D.
P e PP	≥ 95 % AASHO Mod.	≥ 50	• 2,3	≥ del valore previsto in Progetto
L e M	≥ 93 % AASHO Mod.	≥ 40	• 2,5	≥ del valore previsto in Progetto

<sup>(1)</sup> Strati posti a più di 1,0 m dal piano di posa della pavimentazione;  
<sup>(2)</sup> Determinato al primo ciclo di carico nell'intervallo di pressione tra 0,05 e 0,15 N/mm<sup>2</sup>;  
<sup>(3)</sup> Ove prescritto dalla Direzione Lavori.

Le prove di controllo vanno ubicate nei punti indicati dalla Direzione Lavori e formano oggetto di apposito Verbale.

## 6. – COSTRUZIONE DEGLI STRATI DI FONDAZIONE DI SOVRASTRUTTURE STRADALI

### 6.1 GENERALITÀ

Lo strato di fondazione di sovrastrutture stradali viene in genere realizzato con misto granulare non legato che può essere costituito da inerti granulari riciclati.

Il misto granulare riciclato è una miscela selezionata di aggregati riciclati, eventualmente corretta mediante l'aggiunta o la sottrazione di determinate frazioni granulometriche per migliorarne le proprietà fisico-meccaniche.

### 6.2. – AGGREGATI

#### 6.2.1. – REQUISITI DI COMPOSIZIONE

Il misto granulare per strati di fondazione costituito da aggregati riciclati dovrà possedere i requisiti di composizione indicati nella seguente Tabella 6.1.

**Tabella 6.1**  
**Requisiti di composizione dei misti granulari riciclati per strati di fondazione**

Componenti	Modalità di prova	Limiti
Contenuto di materiali litici di qualunque provenienza, pietrisco tolto d'opera, calcestruzzi, laterizi, refrattari, prodotti ceramici, malte idrauliche ed aeree, intonaci	UNI EN 13285 Appendice A	> 90% in massa
Contenuto di vetro e scorie vetrose	UNI EN 13285 Appendice A	< 5% in massa
Contenuto di conglomerati bituminosi	UNI EN 13285 Appendice A	< 5% in massa
Contenuto di altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero in sottofondi e fondazioni stradali ai sensi della legislazione vigente	UNI EN 13285 Appendice A	• 5% in massa per ciascuna tipologia
Contenuto di materiali deperibili: carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari, sostanze organiche eccetto bitume; Materiali plastici cavi: corrugati, tubi o parti di bottiglie di materia plastica, ecc.	UNI EN 13285 Appendice A	• 0,1% in massa
Contenuto di altri materiali: metalli, guaine, gomme, lana di roccia o di vetro, gesso, ecc.	UNI EN 13285 Appendice A	• 0,4% in massa

#### 6.2.2. – REQUISITI FISICO-MECCANICI

Gli aggregati grossi (trattenuti al setaccio da 4 mm UNI EN) e gli aggregati fini (passanti al setaccio da 4 mm UNI EN) sono gli elementi che formano il misto granulare.

Per gli elementi dell'aggregato grosso devono essere soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 6.2.

**Tabella 6.2**  
**Requisiti dell'aggregato grosso (frazione trattenuta al setaccio da 4 mm) dei misti granulari riciclati per strati di fondazione**

Indicatori di qualità		Unità di misura	Livello di traffico			
Parametro	Normativa		PP	P	M	L
Perdita per abrasione "Los Angeles"	UNI EN 1097-2	%	• 30	• 30	• 35	• 40
Dimensione max	UNI EN 933-1	mm	63	63	63	63
Indice di forma	UNI EN 933-4	%	• 35	• 35	• 35	• 35
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	%	• 35	• 35	• 35	• 35
Sensibilità al gelo ( <sup>1</sup> )	UNI EN 1367-1	%	• 20	• 20	• 30	• 30
( <sup>1</sup> ) In zone soggette al gelo						

L'aggregato fino deve essere costituito da elementi che possiedano le caratteristiche riportate nella seguente Tabella 6.3.

**Tabella 6.3**  
**Requisiti dell'aggregato fine (frazione passante al setaccio da 4 mm) dei misti granulari riciclati per strati di fondazione**

Indicatori di qualità		Unità di misura	Livello di traffico			
Parametro	Normativa		PP	P	M	L
Equivalente in sabbia	CNR B.U. 27/72	%	• 30	• 30	• 30	• 30
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014	%	N.P.	N.P.	N.P.	• 6
Limite Liquido	CNR-UNI 10014	%	• 25	• 25	• 35	• 35
Passante al setaccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	%	• 6	• 6	• 6	• 6

La miscela di aggregati riciclati da adottarsi per la realizzazione del misto granulare deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in Tabella 6.4.

**Tabella 6.4**  
**Requisiti granulometrici della miscela di aggregate riciclati**

Vagli UNI EN	Apertura maglia (mm)	Passante (%)
Setaccio	63,000	100
Setaccio	31,500	75 – 100
Setaccio	16,000	50 – 82
Setaccio	10,000	35 – 70
Setaccio	4,000	22 – 50
Setaccio	2,000	15 – 40
Setaccio	0,500	8 – 25
Setaccio	0,125	5 – 15
Setaccio	0,063	2 – 10

La dimensione massima dell'aggregato non deve in ogni caso superare la metà dello spessore dello strato finito ed il rapporto tra il passante al setaccio UNI EN 0,063 mm ed il passante al setaccio UNI EN 0,5 mm deve essere inferiore a 2/3.

La produzione di materiale finissimo per effetto del costipamento con energia AASHO Modificata, effettuato nell'intervallo di umidità  $\pm 2\%$  rispetto all'umidità ottima  $w_{ott}$  (determinata con la stessa prova di costipamento AASHO Mod.) e valutata tramite la differenza della percentuale di passante al setaccio UNI EN 0,063 mm prima e dopo il costipamento, non dovrà essere superiore al 5%.

L'indice di portanza CBR (CNR-UNI 10009) dopo quattro giorni di imbibizione in acqua (determinato sul materiale passante al setaccio UNI EN 20 mm) non deve essere minore del valore assunto per il calcolo della pavimentazione in fase di progetto della stessa ed in ogni caso non minore di 30. È inoltre richiesto che tale condizione sia verificata per un intervallo di  $\pm 2\%$  rispetto all'umidità ottimale di costipamento.

#### 6.2.3. - REQUISITI CHIMICI

I materiali riciclati debbono appartenere prevalentemente alle tipologie 7.1., 7.2., 7.11. e 7.17. previste dal D.M. 05/02/98, n. 72. Non sono ammessi materiali contenenti amianto e/o sostanze pericolose e nocive o con significativi contenuti di gesso. Pertanto, tali materiali debbono essere sottoposti ai test di cessione sul rifiuto come riportato in Allegato 3 del citato D.M. del 05/02/98, o a test equivalente di riconosciuta valenza europea (UNI 10802/2002).

Il contenuto totale di solfati e solfuri (Norma UNI EN 1744-1) deve essere  $\leq 1\%$ . Se il materiale viene posto in opera a contatto con strutture in c.a., tale valore deve essere  $\leq 0,5\%$ .

#### 6.3. – ACCETTAZIONE

Con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione delle miscele di aggregati riciclati che intende utilizzare tramite certificazioni attestanti i requisiti prescritti al §6.2. Tale certificazione deve essere rilasciata da un Laboratorio specializzato e deve comprendere la determinazione della curva di costipamento con energia AASHO Modificata (CNR B.U. n.69/78 o UNI EN 13286-2/2005).

Una volta che lo studio delle miscele sia stato accettato da parte della Direzione Lavori, l'Impresa deve rigorosamente attenersi ad esso.

#### **6.4 – CONFEZIONAMENTO**

L'Impresa deve indicare, per iscritto, gli impianti di approvvigionamento, le aree ed i metodi di stoccaggio, il tipo di lavorazione che intende adottare, il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che verrà impiegata.

#### **6.5 – POSA IN OPERA**

Il piano di posa dello strato di fondazione in misto granulare deve avere le quote, la sagoma, i requisiti di portanza previsti nel progetto ed essere ripulito da materiale estraneo. Il materiale va steso in strati di spessore finito non superiore a 25 cm e non inferiore a 10 cm e deve presentarsi, dopo costipamento, uniformemente miscelato in modo da non manifestare segregazione dei suoi componenti. L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della massa volumica, è da effettuarsi mediante dispositivi spruzzatori. La stesa va effettuata con finitrice o con grader appositamente equipaggiato.

Tutte le operazioni anzidette sono sospese quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato.

Quando lo strato finito risulti compromesso a causa di un eccesso di umidità o per effetto di danni dovuti al gelo, esso deve essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Impresa.

Il materiale pronto per il costipamento deve presentare in ogni punto la prescritta granulometria. Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli vibranti, rulli gommati o combinati, tutti semoventi. Per ogni cantiere, l'idoneità dei mezzi d'opera e le modalità di costipamento devono essere, determinate, in contraddittorio con la Direzione Lavori, prima dell'esecuzione dei lavori, mediante sperimentazione su campo prova, usando le miscele messe a punto per lo specifico cantiere. Il costipamento di ciascuno strato deve essere eseguito sino ad ottenere un grado di addensamento non inferiore ai valori indicati nella successiva Tabella 6.6.

#### **6.6. – CONTROLLI**

##### **6.6.1. - CONTROLLO DELLE FORNITURE**

In corso d'opera, sia per le necessità connesse alla costruzione degli strati, particolarmente per quanto riguarda il costipamento, sia per accertare che non abbiano a verificarsi variazioni nella qualità dei materiali, devono essere effettuate prove di controllo su campioni prelevati in contraddittorio con la Direzione dei Lavori.

Il controllo della qualità dei misti granulari riciclati, deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sul materiale prelevato in sito al momento della stesa oltre che con prove sullo strato finito. Il numero dei campioni dipende dall'eterogeneità dei materiali interessati; per ogni approvvigionamento omogeneo la numerosità delle prove di attitudine deve rispettare i criteri quantitativi riportati nella Tabella 6.5 per ogni tipo di controllo da effettuare, salvo diverse e documentate prescrizioni della Direzione dei Lavori.

**Tabella 6.5**  
**Frequenza dei controlli e requisiti delle forniture dei**  
**misti granulari riciclati per fondazioni stradali**

Controllo	Frequenza	Requisiti
Materiali componenti	Iniziale e per ogni lotto impiegato	Tabella 6.1.
Aggregato grosso	Iniziale e per ogni lotto impiegato	Tabella 6.2.
Aggregato fine	Iniziale e per ogni lotto impiegato	Tabella 6.3
Granulometria miscela	Iniziale, poi giornaliera oppure ogni 1000 m <sup>3</sup> di stesa	Tabella 6.4
Umidità ottima AASHO Mod.	Iniziale, poi giornaliera oppure ogni 1000 m <sup>3</sup> di stesa	
Indice C.B.R. dopo 4 giorni di imbibizione in acqua	Iniziale, poi giornaliera oppure ogni 1000 m <sup>3</sup> di stesa	> 30% nell'intervallo di umidità ±2% rispetto a w <sub>ott</sub> AASHO mod.
Produzione finissimo per costipamento AASHO Mod. nell'intervallo ±2% W <sub>ott</sub>	Iniziale, poi giornaliera oppure ogni 1000 m <sup>3</sup> di stesa	< 5%

La granulometria del misto granulare riciclato deve essere verificata giornalmente, prelevando il materiale in sito al momento della posa in opera. Rispetto alla qualificazione delle forniture, nella curva granulometrica sono ammessi variazioni delle singole percentuali dell'aggregato grosso di ± 5 punti e di ±2 punti per l'aggregato fine. In ogni caso non devono essere superati i limiti del fuso assegnato (Tabella 6.4). L'equivalente in sabbia (UNI EN 933-8) dell'aggregato fino deve essere verificato almeno ogni tre giorni lavorativi.

#### 6.6.2. - CONTROLLI PRESTAZIONALI SUGLI STRATI FINITI

Il livello prestazionale degli strati posti in opera può essere accertato, in relazione alle caratteristiche del materiale impiegato, attraverso il controllo dell'addensamento raggiunto, rispetto al riferimento desunto dalle prove AASHO Mod. di laboratorio e attraverso il controllo della capacità portante.

Il controllo mediante misure di massa volumica del secco in sito (CNR B.U. n.22/72) può essere effettuato soltanto se, come previsto dalla norma CNR B.U. n.69/1978, la frazione di materiale trattenuta al setaccio da 20 mm UNI EN 932-2 non supera il 35% della massa totale. In questo caso il controllo può essere effettuato previa correzione della massa volumica del secco in sito per tenere conto della presenza di elementi lapidei di dimensioni maggiori di 20 mm, determinando la massa volumica in sito tramite la relazione:

$$\gamma_{d,sito} = \frac{P_d - P'_d}{V - V'}$$

P<sub>d</sub> : massa totale dopo essiccazione del materiale prelevato;

V : volume totale occupato in sito dal materiale prelevato;

$P'_d$  : massa del secco della frazione trattenuta al setaccio UNI EN 20 mm;

$V' = P'_d / \gamma_s$  : volume della frazione trattenuta al setaccio UNI EN 20 mm;

$\gamma_s$  : massa volumica apparente della frazione trattenuta al setaccio UNI EN 20 mm.

Quando per le caratteristiche dimensionali del materiale non sia possibile procedere al controllo prestazionale con misure di massa volumica (non essendo possibile determinare riferimenti rappresentativi da prove di costipamento AASHO Mod. di laboratorio), per valutare il grado di costipamento la Direzione Lavori può prescrivere l'esecuzione di prove di carico con piastra a doppio ciclo di carico (CNR B.U. 146/92) per la determinazione dei moduli di deformazione  $M_d$  e  $M'_d$ .

La determinazione del modulo  $M'_d$  al secondo ciclo di carico permette, in ogni caso, di ottenere più ampi elementi di giudizio sulla qualità meccanica degli strati posti in opera, ivi compresi quelli sottostanti lo strato provato. Il rapporto tra il valore del modulo di deformazione  $M'_d$  al secondo ciclo di carico ed il valore del modulo di deformazione  $M_d$  al primo ciclo di carico non dovrà, almeno nel 95% delle determinazioni, essere superiore ai limiti previsti nella Tabella 6.6 per i rispettivi livelli di traffico.

La misura della portanza deve accertare che le prestazioni dello strato finito siano non inferiori a quelle indicate nel progetto e siano conformi a quanto dichiarato prima dell'inizio dei lavori nella documentazione presentata dall'Impresa, ai sensi di quanto previsto al §6.3. La metodologia di indagine impiegata dovrà essere tale da fornire parametri di controllo identici o comunque direttamente confrontabili con quelli utilizzati nel calcolo della pavimentazione. A tale scopo, sono ammesse sia prove puntuali (prove di carico con piastra secondo la Norma CNR B.U. n. 146/92) sia prove ad elevato rendimento (con il Falling Weight Deflectometer - ASTM D4694/96) per la determinazione del modulo elastico equivalente "E".

In ogni caso i valori dei moduli di deformazione  $M_d$  (valutati attraverso prova di carico con piastra al primo ciclo di carico nell'intervallo tra 0,15 e 0,25 N/mm<sup>2</sup>) ed i valori dei moduli elastici equivalenti "E" non dovranno essere inferiore ai valori limite riportati nella Tabella 6.6.

Al momento della costruzione degli strati di pavimentazione sovrastanti tutti i valori di portanza dello strato di fondazione dovranno essere non inferiori ai valori limite previsti.

A discrezione della Direzione Lavori possono essere ammesse le seguenti tolleranze sui risultati delle prove di controllo.

Per ciascun tipo di prova, nel caso in cui il numero delle misure risulti inferiore a 5, come può avvenire per lavori di entità molto modesta, tutti i valori misurati debbono rispettare le soglie minime riportate nella suddetta Tabella 6.6.

Negli altri casi si può accettare che su n. 5 risultati di una stessa prova di controllo n. 1 possa non rispettare i valori minimi richiesti, purché lo scostamento da tali valori non ecceda:

- il 3%, per la misura del grado di addensamento;

- il 5%, per le misure dei moduli  $M_d$  e  $M'_d$ .

Per le prove deflettometriche ad alto rendimento la media dei valori del modulo "E" ricavata da almeno 20 determinazioni non dovrà essere inferiore ai valori minimi prestabiliti. Può essere tollerato uno scostamento da tali valori minimi purché lo scostamento stesso non ecceda il 15%.

Le superfici finite devono risultare perfettamente piane, con scostamenti rispetto ai piani di progetto non superiori a 10 mm, controllati mediante regolo rigido di 4 m di lunghezza (Norma UNI EN 13036-7/2004) disposto secondo due direzioni ortogonali.

Lo spessore medio dello strato finito deve essere quello previsto in progetto, con una tolleranza del 5% purché tale differenza si presenti solo nel 20% dei rilievi effettuati.

Salvo documentata diversa prescrizione della Direzione Lavori, la frequenza delle prove deve rientrare negli intervalli indicati in Tabella 6.6.

**Tabella 6.6**  
**Frequenza dei controlli e requisiti prestazionali degli strati**  
**di fondazione stradale realizzati con misti granulari riciclati**

Controllo	Traffico		Frequenza
	PP o P	M o L	
Grado di addensamento $\gamma_d / d_{max, laboratorio}$ [%]	$\geq 98$ % AASHO Mod.	$\geq 95$ % AASHO Mod.	Ogni 1.000 m <sup>2</sup> di stesa
Rapporto $M_d / M_d'$	$\geq 2,0$	$\geq 2,3$	Ogni 1.000 m <sup>2</sup> di stesa
Modulo di deformazione $M_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\geq 100$ (o della prestazione prevista in Progetto)	$\geq 80$ (o della prestazione prevista in Progetto)	Ogni 1.000 m <sup>2</sup> di stesa
Modulo elastico equivalente $E$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\geq 190$ (o della prestazione prevista in Progetto)	$\geq 150$ (o della prestazione prevista in Progetto)	Ogni 100 m di fascia stesa
Spessore degli strati	spessore di Progetto	spessore di Progetto	Ogni 100 m di fascia stesa
Scostamento con regolo da 4 m	< 10 mm dai piani di Progetto	< 10 mm dai piani di Progetto	Ogni 100 m di fascia stesa

## 7. – COSTRUZIONE DEGLI STRATI IN MISTO CEMENTATO

### 7.1 GENERALITÀ

Il misto cementato realizzato con aggregati riciclati è costituito da una miscela di aggregati riciclati trattata con un legante idraulico (cemento). La miscela deve assumere, dopo un adeguato tempo di stagionatura, una resistenza meccanica durevole ed apprezzabile mediante prove eseguibili su provini di forma assegnata, anche in presenza di acqua o gelo.

### 7.2. – AGGREGATI

#### 7.2.1. – REQUISITI DI COMPOSIZIONE DEGLI AGGREGATI

Gli aggregati sono gli elementi miscelando i quali si ottiene il misto granulare che costituisce la base del misto cementato. Il misto granulare riciclato per la formazione del misto cementato dovrà essere costituito da aggregati riciclati in possesso dei requisiti di composizione indicati nella seguente Tabella 7.1.

**Tabella 7.1**  
**Requisiti di composizione degli aggregati riciclati per la formazione di misti cementati**

Componenti	Modalità di prova	Limiti
Contenuto di materiali litici di qualunque provenienza, pietrisco tolto d'opera, calcestruzzi, laterizi, refrattari, prodotti ceramici, malte idrauliche ed aeree, intonaci	UNI EN 13285 Appendice A	> 90% in massa
Contenuto di vetro e scorie vetrose	UNI EN 13285 Appendice A	< 5% in massa
Contenuto di conglomerati bituminosi	UNI EN 13285 Appendice A	< 5% in massa
Contenuto di altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero in sottofondi e fondazioni stradali ai sensi della legislazione vigente	UNI EN 13285 Appendice A	• 5% in massa per ciascuna tipologia
Contenuto di materiali deperibili: carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari, sostanze organiche eccetto bitume (*); Materiali plastici cavi: corrugati, tubi o parti di bottiglie di materia plastica, ecc.	UNI EN 13285 Appendice A	• 0,1% in massa
Contenuto di altri materiali: metalli, guaine, gomme, lana di roccia o di vetro, gesso, ecc.	UNI EN 13285 Appendice A	• 0,4% in massa
(*) La massa dei materiali deperibili, gravata di un fattore amplificativo 5, deve essere assegnata alla categoria delle rocce degradabili per il rispetto dei requisiti riportati nelle seguenti Tabella 7.2 e Tabella 7.3.		

#### 7.2.2. – REQUISITI FISICO-MECCANICI

*Aggregati* - Gli aggregati sono gli elementi che formano il misto granulare di base da additivare con il legante idraulico (cemento) per la realizzazione del misto cementato vengono suddivisi in aggregati grossi (trattenuti al setaccio da 4 mm UNI EN) e aggregati fini (passanti al setaccio da 4 mm UNI EN).

*Aggregato grosso* - Per gli elementi dell'aggregato grosso devono essere soddisfatti i requisiti indicati nella **Tabella 7.2**.

**Tabella 7.2**  
**Requisiti dell'aggregato grosso (frazione trattenuta al setaccio da 4 mm) dei**  
**misti granulari riciclati per la formazione di misti cementati**

Indicatori di qualità		Unità di misura	Livello di traffico			
Parametro	Normativa		PP	P	M	L
Perdita per abrasione "Los Angeles"	UNI EN 1097-2	%	• 30	• 30	• 35	• 40
Dimensione max	UNI EN 933-1	mm	31,5	31,5	31,5	31,5
Sensibilità al gelo ( <sup>1</sup> )	UNI EN 1367-1	%	• 30	• 30	• 30	• 30
Indice di forma	UNI EN 933-4	%	• 35	• 35	• 35	• 35
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	%	• 35	• 35	• 35	• 35
Rocce tenere, alterate o scistose	CNR BU 104/84	%	• 1	• 1	• 1	• 1
Rocce degradabili, solfatiche o reagenti con alcali del cemento	CNR BU 104/84	%	• 1	• 1	• 1	• 1

( <sup>1</sup> ) In zone considerate soggette al gelo

*Aggregato fino* - L'aggregato fino deve essere costituito da elementi che possedano le caratteristiche riportate nella seguente **Tabella 7.3**.

**Tabella 7.3**  
**Requisiti dell'aggregato fine (frazione passante al setaccio da 4 mm) dei**  
**misti granulari riciclati per la formazione di misti cementati**

Indicatori di qualità		Unità di misura	Livello di traffico			
Parametro	Normativa		PP	P	M	L
Contenuto di rocce tenere, alterate o scistose	CNR BU 104/84	%	• 1	• 1	• 1	• 1
Contenuto di rocce degradabili, solfatiche o reagenti con alcali del cemento	CNR BU 104/84	%	• 1	• 1	• 1	• 1
Equivalente in sabbia	CNR B.U. 27/72	%	• 30	• 30	• 30	• 30
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014	%	N.P.	N.P.	N.P.	• 6
Limite Liquido	CNR-UNI 10014	%	• 25	• 25	• 25	• 25

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione e gli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un Laboratorio specializzato.

**Cemento** - Il cemento è un legante idraulico, cioè un materiale inorganico finemente macinato che, mescolato con acqua, forma una pasta che rapprende e indurisce a seguito di processi e reazioni di idratazione e che, una volta indurita, mantiene la sua resistenza e la sua stabilità anche sott'acqua.

I cementi sono costituiti da materiali differenti e di composizione statisticamente omogenea derivanti dalla qualità assicurata durante i processi di produzione e di manipolazione dei materiali.

Potranno essere impiegati i 27 prodotti della famiglia dei cementi comuni conformi alla Norma UNI EN 197-1, raggruppati nelle seguenti cinque tipologie principali di cemento:

- CEM I Cemento (Portland);
- CEM II Cemento (Portland composito);
- CEM III Cemento (d'altoforno);
- CEM IV Cemento (pozzolanico);
- CEM V Cemento (composito).

La composizione di ciascuno dei 27 prodotti della famiglia dei cementi comuni dovrà risultare conforme a quanto previsto dal Prospetto 1 della stessa Norma UNI EN 197-1.

**Acqua** - L'acqua deve essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica, frazioni limo-argillose e qualsiasi altra sostanza nociva.

**Miscela** - La miscela di aggregati da adottarsi per la realizzazione del misto cementato deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in **Tabella 7.4**.

**Tabella 7.4**  
**Requisiti granulometrici della miscela di aggregati riciclati per misti cementati**

Vagli UNI EN	Apertura maglia (mm)	Passante (%)
Setaccio	31,500	100
Setaccio	20,000	70 – 100
Setaccio	14,000	55 – 78
Setaccio	10,000	45 – 65
Setaccio	4,000	28 – 42
Setaccio	2,000	18 – 30
Setaccio	0,500	8 – 18
Setaccio	0,125	5 – 13
Setaccio	0,063	2 – 10

Il contenuto di cemento ed il contenuto d'acqua della miscela, vanno espressi come percentuale in massa rispetto al totale degli aggregati costituenti il misto granulare riciclato.

Tali percentuali saranno stabilite in base ad uno studio della miscela, effettuato in laboratorio, secondo le modalità indicate dal B.U. CNR n. 29/72, sulla base del quale verranno anche identificati i valori di massa volumica del secco e di resistenza da utilizzare come riferimento nelle prove di controllo.

Le miscele adottate dovranno possedere i requisiti riportati nella **Tabella 7**.

**Tabella 7.5**  
**Requisiti meccanici dei misti cementati confezionati con aggregati riciclati**

Parametro	Normativa	Limiti
Resistenza a compressione $R_c$ a 7gg	CNR B.U. n.29/72	$2,5 \cdot R_c \cdot 4,5 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione indiretta $R_t$ a 7gg (Prova Brasiliana) ( * )	CNR B.U. n.97/84	$R_t \cdot 0,25 \text{ N/mm}^2$

( \* ) I provini per la prova di trazione indiretta sono dello stesso tipo di quelli confezionati per la prova di compressione (CNR B.U. 29)

Per particolari casi è facoltà della Direzione Lavori accettare valori di resistenza a compressione fino a  $7,5 \text{ N/mm}^2$ .

Nel caso in cui il misto cementato debba essere impiegato in zone in cui sussista il rischio di degrado per gelo-disgelo, è facoltà della Direzione Lavori richiedere che la miscela risponda ai requisiti della norma SN 640 509a.

#### 7.2.3. – REQUISITI CHIMICI DEGLI AGGREGATI

I materiali riciclati debbono appartenere prevalentemente alle tipologie 7.1., 7.2., 7.11. e 7.17. previste dal D.M. 05/02/98, n. 72. Non sono ammessi materiali contenenti amianto e/o sostanze pericolose e nocive o con significativi contenuti di gesso. Pertanto, tali materiali debbono essere sottoposti ai test di cessione sul rifiuto come riportato in Allegato 3 del cit ato D.M. del 05/02/98, o a test equivalente di riconosciuta valenza europea (UNI 10802/2002).

Il contenuto totale di solfati e solfuri (Norma UNI EN 1744-1) deve essere  $\leq 1 \%$ . Se il materiale viene posto in opera a contatto con strutture in cemento armato, tale valore deve essere  $\leq 0,5 \%$ .

#### 7.3 – ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

L'Impresa è tenuta a comunicare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare. Ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione dello studio di composizione effettuato.

Una volta accettato da parte della Direzione Lavori lo studio delle miscele, l'Impresa deve rigorosamente attenersi ad esso.

Nella curva granulometrica sono ammesse variazioni delle singole percentuali di l'aggregato grosso di  $\pm 5$  punti e di  $\pm 2$  punti per l'aggregato fino. In ogni caso non devono essere superati i limiti del fuso.

Per la percentuale di cemento nelle miscele è ammessa una variazione di  $\pm 0,5\%$ .

#### 7.4 – CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Il misto cementato deve essere confezionato mediante impianti automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per evitare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possano compromettere la pulizia degli aggregati. I cumuli delle diverse frazioni granulometriche devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei pre-dosatori va eseguita con la massima cura. Non è consentito il mescolamento di cementi diversi per tipo, classe di resistenza o provenienza. Il cemento deve essere adeguatamente protetto dall'umidità atmosferica e dalle impurità.

### **7.5 – PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA**

La miscela verrà stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti prescritti. Ogni depressione, avvallamento o ormaia presente sul piano di posa deve essere corretta prima della stesa. Prima della stesa è inoltre necessario verificare che il piano di posa sia sufficientemente umido e, se necessario, provvedere alla sua bagnatura evitando tuttavia la formazione di una superficie fangosa.

### **7.6 – POSA IN OPERA DELLE MISCELE**

La stesa verrà eseguita impiegando macchine finitrici vibranti. Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli lisci vibranti o rulli gommati (oppure rulli misti vibranti e gommati) tutti semoventi. L'idoneità dei mezzi di costipamento verrà determinata dalla Direzione Lavori sulla base dei risultati ottenuti su stese sperimentali in campo prove utilizzando le stesse miscele messe a punto con lo studio di laboratorio.

Il tempo massimo tra l'aggiunta dell'acqua alla miscela di inerti e cemento e l'inizio della compattazione non dovrà superare i 60 minuti.

Le operazioni di compattazione dello strato devono essere realizzate con apparecchiature e sequenze adatte a produrre il grado di addensamento e le prestazioni richieste. La stesa della miscela non deve di norma essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 0°C e mai in presenza di pioggia.

Nel caso in cui le condizioni climatiche (temperatura, soleggiamento, ventilazione) comportino un'elevata velocità di evaporazione dell'acqua contenuta nella miscela, è necessario provvedere ad un'adeguata protezione delle miscele sia durante il trasporto che durante la stesa.

Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non deve superare di norma le due ore per garantire la continuità della struttura.

Particolari accorgimenti devono adottarsi nella formazione dei giunti longitudinali che andranno protetti con fogli di polietilene o materiale simile. Il giunto di ripresa deve essere ottenuto terminando la stesa dello strato a ridosso di una tavola e togliendo la tavola al momento della ripresa della stesa. Se non si fa uso della tavola, prima della ripresa della stesa, occorre provvedere a tagliare l'ultima parte dello strato precedente, in modo che si ottenga una parete perfettamente verticale. Non devono essere eseguiti altri giunti all'infuori di quelli di ripresa.

### **7.7 – PROTEZIONE SUPERFICIALE DELLO STRATO FINITO**

Subito dopo il completamento delle operazioni di costipamento e finitura, sullo strato finito, deve essere applicato un velo protettivo di emulsione bituminosa acida al 55% in ragione di 1-2 kg per m<sup>2</sup> (in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto) e successivo spargimento di sabbia.

Il tempo di maturazione protetta non dovrà essere inferiore a 72 ore, durante le quali il misto cementato dovrà essere protetto dal gelo.

Il transito di cantiere potrà essere ammesso sullo strato a partire dal terzo giorno dopo quello in cui è stata effettuata la stesa e limitatamente ai mezzi gommati. Aperture anticipate sono consentite solo se previste nella determinazione della resistenze raggiunta dal misto.

Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche o da altre cause devono essere rimossi e sostituiti a totale cura e spese dell'Impresa.

### **7.8. - CONTROLLI**

Il controllo della qualità dei misti cementati e della loro posa in opera, deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela prelevata allo stato fresco al momento della stesa, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in sito.

#### **7.8.1. - CONTROLLI DEI MATERIALI COSTITUENTI**

Oltre ai controlli iniziali necessari per l'accettazione, anche in corso d'opera, per valutare che non abbiano a verificarsi variazioni nella qualità dei materiali, devono essere effettuate prove di controllo su campioni

prelevati in contraddittorio con la Direzione dei Lavori. Il controllo della qualità dei misti granulari riciclati impiegati per la formazione del misto cementato, deve essere effettuato mediante prove di laboratorio su campioni prelevati in impianto prima della miscelazione.

Il numero dei campioni dipende dall'eterogeneità dei materiali interessati; per ogni approvvigionamento omogeneo la numerosità delle prove di attitudine deve rispettare i criteri quantitativi riportati nella **Tabella 7.6** per ogni tipo di controllo da effettuare, salvo diverse e documentate prescrizioni della Direzione dei Lavori.

**Tabella 7.6**  
**Frequenza dei controlli e requisiti delle forniture dei**  
**misti granulari riciclati per la formazione di misti cementati**

Controllo	Frequenza	Requisiti
Materiali componenti	Iniziale e per ogni lotto impiegato	Tabella 7.1.
Aggregato grosso	Iniziale e per ogni lotto impiegato	Tabella 7.2.
Aggregato fino	Iniziale e per ogni lotto impiegato	Tabella 7.3
Granulometria miscela	Iniziale e per ogni lotto impiegato	Tabella 7.4

#### 7.8.2. - CONTROLLI DELLE MISCELE PRELEVATE IN FASE DI POSA IN OPERA

Il prelievo del misto cementato fresco avverrà in contraddittorio al momento della stesa. Sui campioni prelevati alla vibrofinitrice saranno effettuati, presso un Laboratorio specializzato, i controlli della distribuzione granulometrica dell'aggregato e la verifica delle caratteristiche di resistenza meccanica. La resistenza a compressione di ciascun prelievo sarà ottenuta come media dei valori di 4 provini, confezionati e portati a rottura secondo quanto previsto dal CNR B.U. n.29/72. La resistenza a trazione indiretta di ciascun prelievo sarà ottenuta come media dei valori determinati su 4 provini, confezionati secondo quanto previsto dal B.U. CNR n.29/72 e portati a rottura secondo quanto previsto dal CNR B.U. n.97/84. I valori rilevati in sede di controllo dovranno essere conformi a quelli dichiarati nella documentazione presentata prima dell'inizio dei lavori, ai sensi di quanto previsto al §7.3.

Il numero e la tipologia dei controlli da effettuare sul misto cementato prelevato al momento della posa in opera è riportato nella **Tabella 7.7**, salvo diverse e documentate prescrizioni della Direzione dei Lavori.

**Tabella 7.7**  
**Frequenza dei controlli e requisiti dei misti cementati**  
**prelevati nella fase di posa in opera**

Controllo	Frequenza	Requisiti
Granulometria miscela	Giornaliera oppure ogni 1000 m <sup>2</sup> di stesa	Curva granulometrica di progetto
Resistenza a compressione a 7 gg. (CNR B.U. n.29/72)	Giornaliera oppure ogni 1000 m <sup>2</sup> di stesa	Tabella 7.5.
Resistenza a trazione indiretta a 7 gg. (Prova brasiliana) (CNR B.U. n.97/84) ( * )	Giornaliera oppure Ogni 1000 m <sup>2</sup> di stesa	Tabella 7.5
( * ) I provini per la prova di trazione indiretta sono dello stesso tipo di quelli confezionati per la prova di compressione (CNR B.U. 29)		

### 7.8.3. - CONTROLLI SUGLI STRATI FINITI

Il livello prestazionale degli strati posti in opera può essere accertato, in relazione alle caratteristiche del materiale impiegato, attraverso il controllo dell'addensamento raggiunto, rispetto al riferimento desunto dalle prove AASHO di laboratorio e attraverso il controllo della capacità portante.

A compattazione ultimata dovranno essere effettuati controlli della massa volumica del secco in sito effettuando le misure secondo la Norma (CNR B.U. n. 22/72).

I valori dei gradi di addensamento rilevati dovranno rispettare i limiti riportati nella **Tabella 7.8.** in almeno il 95% delle determinazioni effettuate.

La misura della portanza deve accertare che le prestazioni dello strato finito siano non inferiori a quelle previste nel Progetto delle sovrastrutture e siano conformi a quanto dichiarato prima dell'inizio dei lavori nella documentazione presentata dall'Impresa, ai sensi di quanto indicato al §7.3. La metodologia di indagine impiegata dovrà essere tale da fornire, parametri di controllo identici, o comunque direttamente confrontabili, con quelli utilizzati nel calcolo della pavimentazione.

A tale scopo, sono ammesse sia prove puntuali (prove di carico con piastra secondo la Norma CNR B.U. n. 146/92) sia prove ad elevato rendimento eseguite con il Falling Weight Deflectometer 56 (ASTM D4694/96) per la determinazione del modulo elastico equivalente "E". Sono ammesse sia prove effettuate direttamente sullo strato (prove di carico su piastra, rilievo delle deflessioni con Falling Weight Deflectometer), sia prove effettuate sullo strato ricoperto (con Falling Weight Deflectometer).

In ogni caso i valori dei moduli di deformazione Md valutati al primo ciclo di carico nell'intervallo tra 0,15 e 0,25 N/mm<sup>2</sup> secondo la Norma CNR B.U. n.146/1992, rilevati in un tempo compreso tra 3 e 12 ore dal termine della compattazione, non potranno essere inferiori ai valori limite riportati nella **Tabella 7.8.** o ai limiti indicati in Progetto quando questi ultimi siano superiori.

I valori dei moduli elastici equivalenti "E" ricavati con il Falling Weight Deflectometer da rilievi effettuati dopo 7 giorni o dopo 60 giorni dalla posa in opera non potranno essere inferiori ai valori limite riportati nella **Tabella 7.8.** o ai valori indicati nel Progetto quando questi ultimi siano superiori.

Le superfici finite devono risultare perfettamente piane, con scostamenti rispetto ai piani di progetto non superiori a 10 mm, controllati mediante regolo rigido di 4 m di lunghezza (Norma UNI EN 13036-7/2004) disposto secondo due direzioni ortogonali.

Lo spessore medio dello strato finito deve essere quello previsto nel Progetto, con una tolleranza del 5% purché tale differenza si presenti solo nel 20% dei rilievi effettuati.

Salvo documentata diversa prescrizione della Direzione Lavori, la frequenza delle prove deve rientrare negli intervalli indicati in **Tabella 7.8.**

**Tabella 7.8**  
**Frequenza dei controlli e requisiti prestazionali degli strati**  
**di misto cementato realizzati con misti granulari riciclati**

Controllo	Traffico				Frequenza
	PP	P	M	L	
Grado di addensamento $\gamma_d/\gamma_{dmax, laboratorio}$ [%]	≥ 98 % AASHO Mod.				Giornaliera oppure ogni 1000 m <sup>2</sup> di stesa
Modulo di deformazione $M_d$ [N/mm <sup>2</sup> ] (da prova con piastra tra 3 e 12 ore dalla compattazione)	≥ 150	≥ 150	≥ 120	≥ 120	Giornaliera oppure ogni 1000 m <sup>2</sup> di stesa
	(o della prestazione prevista in progetto)				
Modulo elastico equiv. $E$ [N/mm <sup>2</sup> ] ( * ) (da rilievi con FWD dopo 7 o 60 giorni dalla compattazione)	7 gg. ≥ 2000	60 gg. ≥ 3000	7 gg. ≥ 1800	60 gg. ≥ 2500	Ogni 50 m di fascia stesa
	7 gg. ≥ 1300	60 gg. ≥ 2000	7 gg. ≥ 1000	60 gg. ≥ 1500	
	(o della prestazione prevista in progetto)				
Spessore a mezzo di carotaggi	spessore di progetto	spessore di progetto	spessore di progetto	spessore di progetto	Ogni 100 m di fascia stesa
Regolarità dei piani con regolo da 4 m (scostamento)	< 10 mm dai piani di progetto	< 10 mm dai piani di progetto	< 10 mm dai piani di progetto	< 10 mm dai piani di progetto	Ogni 50 m di fascia stesa
( * ) Per rilievi effettuati tra 7 e 60 giorni dalla posa in opera è ammessa l'interpolazione dei valori limite indicati per i moduli elastici equivalenti "E".					

## 8. – PAVIMENTAZIONI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO

### 8.1. BASI E RISAGOMATURE IN CONGLOMERATO "TOUT VENANT"

Per la definizione di base vale quanto specificato in Norma CNR - UNI n° 10006. Gli spessori relativi alle singole esecuzioni sono precisati in progetto, unitamente a quote e sagome di finitura.

Lo strato di base deve essere costituito da sabbia, ghiaia o pietrisco miscelati ad una quantità di bitume opportunamente scelta. Lo spessore dello strato viene fissato in fase progettuale, in funzione del traffico d'esercizio ipotizzato, mentre i requisiti di accettabilità sono così disciplinati:

#### Materiali

a) -Le ghiaie e le sabbie provenienti da cava, fiumi o depositi alluvionali ed i pietrischi ottenuti dagli impianti di frantumazione sono costituiti da elementi litoidi non degradati, duri, di forma arrotondata o poliedrica; la sabbia in particolare deve essere esente da materie organiche. Il coefficiente di frantumazione, determinato secondo la Norma CNR fasc. 4/1953 non deve superare 180; l'equivalente in sabbia deve essere maggiore di 40 (Norma del CNR BU n° 27).

La granulometria della miscela deve essere caratterizzata da una curva ad andamento continuo, inseribile nel fuso qui di seguito riportato:

SERIE SETACCI E CRIVELLI	PERCENTUALE DI PASSANTE (IN MASSA)
Crivello 30	100
” ” 25	70 - 95
” ” 15	45 - 75
” ” 10	35 - 60
” ” 5	25 - 50
Setaccio 2	18 - 38
” ” 0,4	6 - 20
” ” 0,18	5 - 14
” ” 0,075	4 - 8

Una verifica dell' idoneità a soddisfare le presenti specifiche tecniche stabilisce, mediante analisi di laboratorio prodotte dall'Appaltatore, la scelta definitiva dell'assetto dei granuli costituenti la miscela dello strato di base bitumato.

Il legante è costituito da bitume solido avente i requisiti citati nelle “Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali” fascicolo n° 2 - CNR ed. 1951. Si deve usare bitume B 80/100; comunque in relazione a particolari condizioni locali, stagionali o progettuali, può essere richiesto dalla Direzione lavori bitume tipo B 180/200.

La percentuale di bitume riferita alla massa dell'inerte deve essere pari compresa tra 4,0 e 4,5; essa deve essere in ogni caso la minima che garantisca, unitamente all'assortimento ottimale degli inerti, l'ottenimento dei valori di stabilità Marshall e compattezza citati di seguito:

- stabilità in kN: maggiore di 6,0
- scorrimento in mm: compreso tra 1,5 e 4,0
- modulo di rigidità Marshall in kN/mm: compreso tra 2,5 e 4,5
- vuoti residui su provini Marshall: compresi tra 5% ed 8%

La prova deve essere eseguita con rigorosa osservanza delle Norme del CNR, su provini costipati con 75 colpi per faccia alle temperature prescritte dal metodo di prova.

#### Modalità esecutive

La preparazione della miscela viene effettuata in impianti di mescolamento dotati di tutte le attrezzature necessarie e di capacità adeguata alla produzione richiesta dall'entità del lavoro. La temperatura del legante, durante la miscelazione, deve essere compresa di norma tra 130 °C e 150 °C, mentre quella degli inerti tra 150 °C e 170 °C.

La stesa deve essere eseguita mediante macchina vibrofinitrice in più strati il cui spessore sciolto è di norma maggiorato in modo da rispettare, a compattazione ultimata, quello di progetto. La temperatura, alla stesa, non deve essere inferiore a 120 °C.

Il piano di posa del bitumato deve, prima della stesa, essere predisposto mediante pulizia e spalmatura di un velo impermeabilizzante costituito da emulsione bituminosa o bitume liquido, di qualità approvata dalla Direzione lavori, in quantità variabile da 0,5 a 0,8 Kg/mq in funzione della qualità del prodotto bituminoso e della superficie da trattare.

Gli strati successivi devono essere sovrapposti con la maggiore rapidità possibile per evitare la formazione di patine terrose e polverulente che richiederebbero, inevitabilmente, a spese dell'Impresa

Appaltatrice, un'accurata pulizia mediante lavaggio e ventilazione della superficie da rivestire e la successiva stesa di una mano di ancoraggio di emulsione bituminosa in ragione di 0,35 Kg/mq.

In corrispondenza dei giunti di ripresa e di quelli longitudinali si deve spalmare bitume allo scopo di assicurare impermeabilità ed adesione alle superfici di contatto. Gli strati devono essere sovrapposti in modo tale che i giunti longitudinali risultino sfasati di 30 cm.

Le operazioni di addensamento devono essere eseguite con le modalità ed i mezzi costipanti adatti a conferire allo strato di misto granulare bitumato, a lavorazione ultimata, le seguenti caratteristiche:

- massa volumetrica maggiore del 95% della massa volumetrica rilevata in laboratorio sui provini Marshall della formulazione ufficialmente adottata;

- percentuale dei vuoti residui inferiore a 10.

Le proprietà del bitume estratto da campioni rappresentativi di conglomerato bituminoso prelevato durante od al termine della posa in opera (prelievo entro e non oltre i tre mesi dalla posa) non devono presentare un indurimento precoce causato da riscaldamento eccessivo durante le fasi costruttive oppure tendenza al rapido invecchiamento del bitume impiegato; si prescrive pertanto sul bitume recuperato in laboratorio dalla miscela bituminosa in conformità a Norma CNR - BU n° 133:

- per bitume all'origine tipo B 80/ 100:

penetrazione del bitume estratto: maggiore di 45 dmm;  
punto di rottura (Fraas) del bitume estratto: inferiore a -8 °C;

- per bitume all'origine tipo B 180/200:

penetrazione del bitume estratto: maggiore di 80 dmm;  
punto di rottura (Fraas) del bitume estratto: inferiore a -12 °C.

La superficie finita non deve presentare irregolarità o ondulazioni superiori a cm 1, determinate con un regolo di 5 m di lunghezza disposto su due direzioni ortogonali. La stesa del misto granulare bitumato non deve essere effettuata in sfavorevoli condizioni ambientali e meteorologiche; gli strati compromessi da tali condizioni o da altre cause devono essere rimossi e ripristinati a totale cura della Impresa Appaltatrice.

Al termine della posa in opera degli impasti vengono prelevati in contraddittorio, a cura dei tecnici della Direzione lavori e dell'Appaltatore, dei tasselli da inviare presso un laboratorio di fiducia per l'esecuzione delle seguenti prove di controllo:

- percentuale di bitume;
- percentuale dei vuoti residui del tassello;
- analisi granulometrica;
- prova Marshall (Norma del CNR - BU n° 30).

## 8.2. MANTO D'USURA

Il manto d'usura sarà costituito da un conglomerato bituminoso fillerizzato fornito e posto in opera dello spessore minimo finito prescritto dalla Direzione Lavori e compensato secondo il relativo prezzo d'elenco.

a) Materiale

Prima di iniziare i lavori, i materiali da impiegarsi nei lavori stessi dovranno essere sottoposti al Direttore dei Lavori per le prove di analisi e nessun materiale verrà usato finché non sia stato preventivamente approvato.

1) *Aggregato grosso* - E' costituito da pietrisco, pietrischetto e graniglia secondo le definizioni delle norme del C.N.R.

Deve essere ottenuto per frantumazione di rocce sufficientemente omogenee (sono esclusi perciò quelli derivanti da ghiaia), compatte, dure; deve essere di forma cubica, avere superfici non lisce, esenti non solo da polvere (tolleranza 1%), ma anche, ed in modo assoluto, da materiale lamellare o aghiforme e da materiale alterato o in fase di alterazione.

La roccia di partenza deve avere una resistenza media a compressione non inferiore a kg/cmq. 1.250 sia nella direzione del piano di cava, sia in quella normale alla prima; non deve essere geliva e deve presentare una resistenza all'usura non inferiore a 0,50 di quella del granito di San Fedelino ed avere un coefficiente di frantumazione non superiore a 160.

Il materiale dovrà essere in ogni caso di granulazione tale la cui dimensione maggiore sia inferiore ai 3/4 dello spessore stabilito per il manto costipato.

Per rispondere alle prescrizioni granulometriche indicate in seguito, il materiale dovrà di norma essere approvvigionato nel cantiere di preparazione del conglomerato nelle distinte pezzature prescritte.

E' facoltà comunque dell'Appaltatore di proporre materiali provenienti da cave diverse da quelle sopraindicate, libera restando sempre la Direzione Lavori di accettare o meno tali materiali in seguito alle risultanze delle prove di resistenza meccaniche che verranno effettuate a spese dell'Impresa proponente presso laboratori designati dalla Direzione Lavori.

2) *Aggregato fine* - Come aggregato fine viene definito il materiale tutto passante al setaccio 10 A.S.T.M. e trattenuto per il 90-80% al setaccio 20 A.S.T.M..

Deve essere costituito da sabbia di cava e di fiume ed ottenuto per frantumazioni; essere di natura calcarea o silicea, dura, perfettamente vivo e pulito, non assorbente, privo di argilla e di limo e non contenere materiale eterogeneo.

3) *Legante bituminoso* - Il legante potrà essere bitume solido o bitume liquido (flussato) a seconda che si tratti di conglomerato da mettersi in opera a caldo o a freddo.

Nel primo caso dovrà essere costituito da bitume puro di penetrazione 80/100.

Nel secondo caso il legante dovrà essere costituito da bitume dei tipi BL 150 - 300 o BL 350 - 700.

b) *Composizioni delle miscele*

Il conglomerato bituminoso dovrà corrispondere alla seguente composizione (le cifre si riferiscono alle percentuali in peso):

Aggregato grosso	50 - 75%
Aggregato fine	45 - 25%
Bitume	4,5 - 6%

L'appaltatore deve dimostrare di disporre di una serie di setacci e di crivelli che permetta il regolare e continuo controllo della granulometria dell'aggregato fine e dell'additivo.

Ognuno di detti setacci deve essere in buono stato ed essere munito di certificato di taratura dal quale risulti che risponde alle norme (vedere fascicolo n. 4 delle norme C.N.R.) e ciò sia se di produzione nazionale sia se importati.

Per il controllo della granulometria dell'aggregato grosso dovranno disporre di crivelli tarati con fori di diametro corrispondente alle dimensioni prescritte.

## 9. – SEGNALETICA STRADALE

La segnaletica orizzontale deve essere eseguita con vernice rifrangente bianca o gialla, oppure con prodotti semipermanenti sia a caldo che a freddo, applicati nei modi e nelle quantità più opportune.

La striscia orizzontale, dopo l'essiccamento, deve svolgere una effettiva efficiente funzione di guida nelle ore diurne e nelle ore notturne sotto l'azione della luce dei fari. La segnaletica dovrà essere attuata nel

pieno rispetto delle norme stabilite dal Nuovo Codice della Strada e dal relativo Regolamento d'esecuzione.

I materiali adoperati devono essere delle migliori qualità in commercio e conformi alle norme vigenti. Al fine di accertare quanto sopra potranno essere richiesti campioni rappresentativi non contabilizzabili dalle forniture e, a garanzia delle conformità dei campioni stessi e della successiva fornitura alle norme prescritte, una dichiarazione impegnativa della ditta appaltatrice relativa ai prodotti impiegati, accompagnata da certificati ufficiali d'analisi, o copie autentiche per tutti e parte dei materiali usati, rilasciati da riconosciuti istituti specializzati, autorizzati e competenti, ad esclusivo giudizio della Direzione Lavori.

L'invio dei campioni con la relativa documentazione, come sopra specificato, dovrà avvenire a spese dell'Impresa entro giorni 30 dalla loro richiesta muniti del sigillo personale della Direzione Lavori e del Rappresentante dell'Impresa. Nel caso di campioni non rispondenti alle prescrizioni, o di documenti incompleti o insufficienti comporterà l'immediato annullamento dell'aggiudicazione con conseguente restituzione della fornitura o opportune detrazioni nel caso di posa in opera già eseguita. La Direzione Lavori si riserverà la facoltà di far eseguire a spese della Ditta le ulteriori prove previste dalle Circolari N. 2130 del 6.12.1979 e n. 1245 del 25.7.1980.

Per l'esecuzione della segnaletica orizzontale devono venire impiegate vernici rifrangenti, del tipo con perline di vetro premiscelate, costituite da pigmento di biossido di titanio con o senza aggiunta di ossido di zinco per la vernice bianca e cromato di piombo per la gialla. Il liquido portante deve essere del tipo oleo-resinoso, con parte resinosa sintetica.

I solventi e gli essiccanti devono essere derivati da prodotti rettificati dalla distillazione del petrolio. Le perline di vetro contenute nella vernice devono essere delle microsfele, costituite da vetro Crown con indice di rifrazione di 1,52/1,57, perfettamente sferiche, prive di impurità con curve granulometriche, conformi alla normativa europea, da 63 a 315 micron. La loro quantità in peso contenuta nella vernice deve essere circa del 33%. Il potere coprente della vernice deve essere compreso tra 1,2 e 1,5 mq./kg.

La vernice, di peso specifico non inferiore a kg. 1,65 per litro a 25° deve essere tale da aderire tenacemente a tutti i tipi di pavimentazione; deve avere ottima resistenza all'usura, sia del traffico che degli agenti atmosferici e deve presentare una visibilità ed una rifrangenza costanti fino alla completa consumazione. E' consentito, a giudizio e rischio dell'Impresa e previa autorizzazione della Direzione Lavori l'impiego di prodotti semipermanenti, in luogo della vernice, sia a caldo, sia a freddo che abbiano efficacia pari o superiore.

L'Impresa dovrà provvedere, ogni qualvolta le segnalazioni non si presentino perfettamente delineate e non perfettamente bianche o gialle con anche semplici sfumature grigiastre denunciando l'usura dello strato di vernice, e ciò a giudizio del Direttore dei Lavori, al ripasso dei segnali. In caso contrario saranno applicate le penalità previste nel presente contratto.

L'Impresa deve, alla consegna dell'appalto, fornire un campione di almeno kg. 1 delle vernici che intende usare, specificando fabbriche ed analisi.

La Committente si riserva il diritto di prelevare senza preavviso dei campioni di vernice all'atto della sua applicazione e di sottoporre tali campioni ad analisi e prove che ritenga opportune a suo insindacabile giudizio.

Per quanto riguarda la segnaletica verticale l'Impresa dovrà attenersi alle disposizioni della Direzione Lavori e tutti i segnali dovranno essere rigorosamente conformi ai tipi, dimensioni, misure e caratteristiche stabilite dal Nuovo Codice della Strada e dal relativo Regolamento d'esecuzione.

I segnali forniti dovranno essere prodotti da Costruttori autorizzati. Le pellicole retroriflettenti dovranno avere le caratteristiche previste dal Disciplinare tecnico e dovranno risultare prodotte da aziende in possesso di un sistema di qualità conforme alle norme europee della serie UNI/EN 29000.

## 10. –TERRE RINFORZATE

### 10.1. SISTEMA TERRAMESH

Il “Terramesh System” è un sistema modulare utilizzato per le realizzazioni in terra rinforzata come stabilizzatore meccanico di muri e pendii. Il Terramesh® System è fabbricato in rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale, tipo 8x10, tessuta con filo d'acciaio, protetto con Galmac (lega eutettica Zn-Al 5%) e un ulteriore rivestimento plastico ad elevate prestazioni, sono prodotti in accordo con il regolamento 305/2011 (ex. Direttiva Europea 89/106/CEE). Sono conformi alle “Linee Guida per la certificazione di idoneità tecnica all’impiego e l’utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione”, approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici con parere nr. 69 (2013) e con UNI EN 10223-3:2013 e provvisti di marcatura CE in conformità con ETA-13/0295.

La parte a vista dell’elemento è formata dalla connessione del telo di rinforzo con un pannello di rete e dei due diaframmi posti ad interasse di 1 m. Questo crea delle celle utilizzate per il confinamento delle pietre. Gli elementi del Terramesh® System sono forniti già a misura senza richiedere ulteriori tagli in cantiere. Dimensioni, tolleranze e misure sono mostrate in Tabella 1.

Il sistema di produzione e gestione aziendale è certificato in conformità alle norme ISO 9001 e ISO 14001 (relativa al sistema di gestione ambientale).

#### Rete metallica

La rete metallica a doppia torsione in maglia esagonale che costituisce il Terramesh System ha resistenza nominale a trazione come indicato in Tabella 2 e prescritto dalle Linee Guida sopra menzionate.

La rete soggetta a prova di trazione secondo le procedure indicate, non deve mostrare rotture del rivestimento plastico nelle torsioni, per un carico pari al 50% della resistenza a trazione caratteristica della rete secondo norma UNI EN 10223-2:2013.

La capacità di carico a punzonamento della rete è non inferiore a 65kN (test eseguiti in accordo a UNI EN 11437).

#### Filo

Il filo utilizzato nella produzione del Terramesh® System è rivestito con Galmac classe A, (lega eutettica di Zinco – Alluminio 5%). Successivamente è applicato un rivestimento plastico per consentire una maggiore protezione anche per l’utilizzo in ambienti aggressivi, o per opere idrauliche di qualsiasi genere. Il rivestimento plastico ha uno spessore nominale di 0.50 mm.

Tutti i test sul filo devono essere fatti prima della fabbricazione della maglia.

1. **Resistenza a trazione:** i fili utilizzati per la produzione del Terramesh® System e del filo di legatura, dovranno avere una resistenza a trazione di 350-550 N/mm<sup>2</sup>, in conformità a quanto previsto dalla UNI-EN 10223-3:2013. Le tolleranze sul filo (Tabella 3) trovano riscontro nelle disposizioni della UNI-EN 10218 (Classe T1).

2. **Allungamento:** L’allungamento non deve essere inferiore all’ 8%, (UNI-EN 10223-3:2013).

3. **Rivestimento Galmac:** le quantità minime di Galmac riportate in Tabella 3 soddisfano le disposizioni delle UNI-EN 10244- 2 (Tabella 2 - Classe A).

4. **Aderenza del rivestimento:** l’aderenza del rivestimento Galmac dovrà essere in accordo a UNI EN 10244.

5. **Resistenza del rivestimento Galmac alla prova di invecchiamento accelerato** in ambiente contenente anidride solforosa (28 cicli) secondo UNI EN ISO 6988 (ruggine rossa inferiore o uguale al 5%).

#### Rivestimento Polimerico

Le caratteristiche tecniche e la resistenza all'invecchiamento del rivestimento polimerico sono conformi alla UNI EN 10245-1.

**Colore:** Grigio tipo RAL 7037

**Resistenza a raggi U.V.:** dopo esposizione di 4000 ore a raggi U.V. secondo ISO 4892, le prestazioni meccaniche del polimero di base non variano in misura maggiore al 25%

**Resistenza chimica:** resistenza agli agenti chimici in concentrazioni che sono normalmente rappresentative dei terreni e dei corsi d'acqua di uso civile.

**Resistenza del filo plasticato alla prova di invecchiamento accelerato in nebbia salina:** secondo EN ISO 9227, fino a 6000 ore (ruggine rossa inferiore o uguale al 5%).

#### Certificazione di accompagnamento materiali:

Prima della messa in opera e per ogni partita ricevuta in cantiere l'appaltatore dovrà consegnare alla D.L. la Dichiarazione di Prestazione (DOP) rilasciata in originale, nella quale vengono specificati il tipo e nome commerciale del prodotto, la Ditta produttrice, la Ditta a cui viene consegnato il prodotto, la località del cantiere e le quantità fornite.

La conformità dei prodotti dovrà essere certificata da un organismo notificato ai sensi della CPD 89/106 CEE o del CPR 305/2011, terzo ed indipendente, tramite certificato del controllo del processo di fabbrica CE.

Il Sistema Qualità della ditta produttrice dovrà essere inoltre certificato in accordo alla ISO 9001:2008 da un organismo terzo indipendente. Il Sistema di Gestione Ambientale della ditta produttrice dovrà essere inoltre certificato in accordo alla ISO 14001:2004 da un organismo terzo indipendente.

1. Tabella delle misure per il Terramesh <sup>®</sup> System		
L=Lunghezza (m)	W=Larghezza (m)	H=Altezza (m)
3	3	1.0/0.8
4	3	1.0/0.8
5	3	1.0/0.8
6	3	1.0/0.8

Tutte le dimensioni sono nominali (Tolleranze di  $\pm 5\%$ ).

#### Operazioni di legatura

Le operazioni di legatura possono essere effettuate utilizzando gli strumenti mostrati nella Fig.5. I punti metallici in acciaio, aventi le seguenti caratteristiche, possono essere utilizzati invece del filo di legatura (Figure. 3, 4):

- diametro 3.00 mm,
- carico di rottura: 170 kg/mm<sup>2</sup>

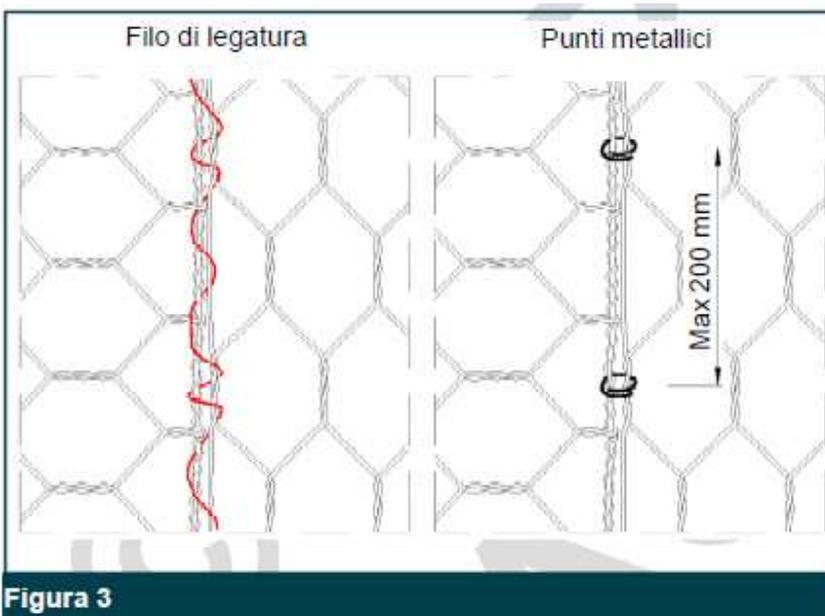
Lo spazio fra i punti non deve eccedere i 200 mm (Fig.3)

## 2. Combinazioni standard di Maglia-Filo

Tipo	M (mm)	Tolleranza	Diametro Interno Filo (mm)	Diametro Esterno Filo (mm)	Resistenza nominale a rottura (kN/m)
8x10	80	-0/+10 mm	2.70	3.70	50

## 3. Tipologie standard dei diametri di filo

		Filo della Maglia	Filo Bordatura	Filo di Legatura
Diametro interno filo	ø mm	2.2	2.7	3.4
Tolleranza Filo	(±) ø mm	0.06	0.07	0.06
Q.tà minima rivestimento	gr/m <sup>2</sup>	230	245	265



### Materiale di riempimento

Riempimento con inerti di natura basaltica, similari alla roccia in sito, di adeguato peso specifico, aventi diametro superiore a quello della magli della rete, non friabili e non gelivi.

## 10.2. GEOTESSILI NON TESSUTI “TERRAM 1000”

TERRAM®			700	1000	1300	1500	2000	3000	4000	4500
<b>Proprietà meccaniche (valori medi)</b>										
Resistenza massima a trazione	EN ISO 10319	kN/m	6.0	8.0	10.5	12.5	14.5	18.0	22.0	30.0
Allungamento alla max resistenza	EN ISO 10319	%	22	24	24	27	27	30	30	35
Resistenza a trazione @5% allungamento	EN ISO 10319	kN/m	2.6	3.4	4.3	4.7	5.5	6.3	7.5	9.0
Resistenza punzonamento statico	EN ISO 12236	N	1050	1500	2000	2250	2750	3250	4300	5350
Resistenza Punzonamento Dinamico	EN ISO 13433	mm	42	38	34	32	26	24	22	14
<b>Proprietà idrauliche (valori medi)</b>										
Porometria O <sub>90</sub>	EN ISO 12956	µm	180	150	130	125	110	100	85	75
Permeabilità (H <sub>50</sub> )	EN ISO 11058	10 <sup>-3</sup> m/s (l/m <sup>2</sup> xs)	130	100	80	75	65	55	45	35
<b>Proprietà fisiche (valori tipici)</b>										
Polimero			Nucleo centrale in polipropilene (70%) e rivestimento esterno protettivo in polietilene (30%)							
Massa areica unitaria	EN ISO 9864	gr/m <sup>2</sup>	90	120	155	175	210	250	330	400
Spessore	EN ISO 9863-1	mm	0.6	0.75	0.85	0.90	1.10	1.20	1.40	1.60
Ampiezza del rotolo		m	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
Lunghezza del rotolo		m	150	100	100	100	100	100	50	50
Peso del rotolo		kg	65	60	75	85	100	120	80	95

**Durabilità:** il prodotto ha una durabilità per applicazioni non di rinforzo superiore ai 25 anni in suoli con ph compreso tra 2 e 14 ad una massima temperatura di 25 °C.

**Resistenza chimica alcali:** resistente a tutte le componenti alcaline contenute nei terreni naturali Acidi - resistente a tutte le componenti acide contenute nei terreni naturali.

**Resistenza biologica:** il geotessile non insensibile all'aggressione di funghi, batteri etc. Non essendo fonte di nutrimento per ratti e termiti il Terram non viene mangiato in quanto cibo dagli animali.

**Resistenza alla temperatura:** la resistenza meccanica del Terram diminuisce all'aumentare della temperatura; questa però viene completamente recuperata non appena la temperatura torna ai valori standard ambientali.

**Esposizione ai raggi solari UV:** fornito avvolto in imballi di PE che lo proteggono dall'aggressione UV; questi devono essere rimossi solo al momento dell'uso. Il materiale, una volta posato, deve essere coperto entro 14 giorni dalla sua installazione.

## **11. - STABILIZZAZIONE A CALCE E/O CEMENTO DEL TERRENO PRESENTE IN SITO**

La realizzazione del trattamento e consolidamento in sito a cemento (e/o calce) si ottiene mediante idonee attrezzature che consentono di miscelare il terreno naturale presente in sito con l'apporto di cemento (e/o calce) ed acqua, in quantità tale da modificarne le caratteristiche fisico-chimiche (granulometria, suscettività all'acqua, umidità) e meccaniche, così da renderlo idoneo per la formazione di strati che dopo il costipamento presentino adeguata resistenza meccanica.

### **11.1 AGGREGATI**

Si devono trattare e consolidare le terre presenti in sito. Non è prevista l'aggiunta di ulteriori aggregati a meno di non rendersi indispensabili per raggiungere le caratteristiche prestazionali richieste e comunque previa autorizzazione della Direzione Lavori.

### **11.2 CEMENTO O ALTRI LEGANTI IDRAULICI**

Si prescrive l'impiego di cemento Portland (tipo II/A) con classe di resistenza 32,5. Il quantitativo andrà individuato attraverso opportuno studio di fattibilità. Orientativamente il contenuto di cemento corrisponderà al 2,5 – 3,0 % in peso del terreno anidro. Qualora il terreno in sito abbia caratteristiche ascrivibili a limo e/o argilla si prescrive la stabilizzazione con calce idrata o con un mix di calce idrata e cemento, da definire a seguito delle risultanze di apposito campo prova o analisi di laboratorio.

### **11.3 ACQUA**

Si deve impiegare acqua pura, priva di impurità ed esente da materie organiche, conforme alla norma EN 1008. La quantità d'acqua nella miscela deve coincidere con quella corrispondente all'umidità ottima di costipamento con una variazione compresa entro  $\pm 3$  % del peso della miscela per consentire il raggiungimento della portanza richiesta. Il quantitativo ottimo d'acqua deve essere determinato con uno dei metodi descritti nella EN 13286 - 1/5.

### **11.4 ACCETTAZIONE DELLAMISCELA**

L'Impresa appaltatrice è tenuta a comunicare, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni, alla Direzione Lavori:

- la composizione della miscela che si intende adottare e relativo studio di fattibilità;
- documentazione inerente la qualifica del cemento utilizzato secondo Marcatura CE;
- scheda tecnica del cemento che si intende utilizzare;
- documentazione inerente la qualifica secondo Marcatura CE della miscela, in particolare

**Dichiarazione di Conformità e Marchio CE.**

Una volta accettato da parte della Direzione Lavori lo studio della miscela, l'Impresa deve rigorosamente attenersi ad esso.

### **11.5 POSA IN OPERA**

Il trattamento e consolidamento in sito a cemento del terreno naturale si esegue spandendo il cemento direttamente sull'estradosso dello strato da trattare, quest'ultimo dovrà presentare pendenze trasversali come da progetto. Il cemento deve essere steso sotto forma di polvere posata direttamente sulla superficie da trattare con macchina spandimento che ne assicura il corretto dosaggio. L'omogeneizzazione della miscela sopra descritta avviene con l'ausilio di una macchina operatrice di tipo pulvimixer computerizzata, capace di effettuare regolazioni di larghezza, spessori e quantità d'acqua da aggiungere. Seguirà la regolarizzazione del piano di fondazione con moto grader. A tale lavorazione deve seguire un'energica compattazione da effettuarsi con rullo liscio monotamburo vibrante a diverse ampiezze dotato di sistema di controllo computerizzato della compattazione con peso di almeno 19 t.

I valori di densità misurati in sito a seguito della compattazione dovranno essere non inferiori al 98% della massima densità ottenuta in laboratorio mediante procedura AASHO modificata.

Una volta completata la superficie dello strato trattata a cemento deve essere applicato tempestivamente uno strato di emulsione bituminosa (vd. capitolo 9), al fine di evitare la fessurazione dello strato trattato. In presenza di temperature ambiente superiori ai 30°C è buona norma trattare e completare brevi tratti per evitare dei problemi che possono insorgere tra il costipamento e l'aumento rapido della resistenza. Con temperature dell'aria inferiori a 5°C la lavorazione della miscela deve essere sospesa, così come in presenza di pioggia battente.

### **11.6 REQUISITI PRESTAZIONALI**

Qui di seguito sono riportate le indicazioni prescrittive riguardanti il mix design della miscela e le caratteristiche prestazionali attese. Le seconde devono essere considerate prevalenti rispetto alle prime, nel senso che le indicazioni prescrittive andranno, se del caso, opportunamente migliorate dall'Impresa affinché si raggiungano le prestazioni richieste, in coerenza con il progetto. Sono ovviamente ammesse prestazioni anche superiori a quelle indicate.

Dopo 5 giorni dalla fine delle operazioni di compattazione il valore del modulo di deformazione  $M_d$  all'estradosso dello strato trattato e consolidato a cemento, al primo ciclo di carico, nell'intervallo compreso tra 0,15 e 0,25 MPa, non deve mai essere inferiore a 130 MPa con una tolleranza rispetto al valore minimo fino a meno 5%. Nonostante la misura di portanza sopra riportata costituisca il requisito fondamentale per lo strato stabilizzato in sito a cemento, altri controlli possono interessare lo spessore dello strato e la resistenza a compressione del materiale.

Lo spessore dello strato trattato verrà determinato facendo la media delle misure rilevate. La metodologia di controllo consiste nella realizzazione, con l'utilizzo di un miniescavatore, di una piccola apertura sulla superficie del misto naturale trattato e consolidato fino ad una profondità di circa 40 cm. Una volta asportato il materiale si provvederà ad applicare sulle pareti dello scavo un reagente chimico in grado di evidenziare la presenza del cemento di miscelazione. Lo spessore dello strato finito dovrà soddisfare le richieste degli elaborati della proposta progettuale, pertanto la media delle misure dovrà risultare superiore o uguale a 30 cm.

La resistenza a compressione di ciascun prelievo in sito sarà ottenuta come media dei valori di 4 provini, confezionati e portati a rottura secondo quanto previsto dal EN 13286-41 dopo 7 giorni di maturazione. Il valore di resistenza a compressione dopo 7 giorni di maturazione dovrà essere maggiore di 2 MPa.

Il valore del modulo elastico dello stabilizzato in sito con cemento sarà pari a  $E = 1100$  MPa (con una tolleranza pari a  $\pm 15\%$ ).

## CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO A CARATTERE PRESTAZIONALE INERENTE LE STRUTTURE IN CALCESTRUZZO ARMATO

### 12.- CALCESTRUZZO MAGRO

#### 12.1 MATERIALI

##### Legante cementizio

Il cemento da impiegare di norma, dovrà essere di tipo normale 32,5 o 32,5R (di tipo I, II, III, IV, V) e soddisfare le Norme e requisiti di accettazione indicati nel D.M. 03.06.1968 e successivi aggiornamenti. La quantità di cemento dovrà essere di almeno 150 Kg per ogni metro cubo di calcestruzzo e comunque tale da garantire la resistenza minima di rottura a compressione caratteristica di almeno 15 MPa.

##### Aggregati

Per gli inerti saranno impiegate ghiaie e sabbie di cava e/o di fiume, pietrischi e pietrischetti con percentuale di frantumato complessiva compresa tra il 30 ed il 60% in peso sul totale degli inerti. A discrezione della Direzione Lavori potranno essere impiegate quantità di materiale frantumato superiori al limite stabilito.

Gli aggregati non dovranno essere scistosi o silicomagnesiaci. Essendo il calcestruzzo magro destinato prevalentemente per il livellamento della sezione idraulica del fognolo, saranno rifiutati pietrischetti, pietrischi e graniglie la cui dimensione massima sia maggiore 10 mm, in base alla destinazione d'uso del materiale in esame; qualora il calcestruzzo magro sia utilizzato per la realizzazione delle opere di appoggio (basette) dei moduli prefabbricati di fognolo, saranno accettati anche aggregati del calcestruzzo magro con dimensione massima inferiore a 15 mm.

##### Aggregato grosso

L'aggregato grosso, trattenuto al setaccio UNI 4 mm, dovrà essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, da elementi naturali tondeggianti, da elementi naturali tondeggianti frantumati, da elementi naturali a spigoli vivi. Tali elementi potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati in Tabella 7.

Tabella 7: Prescrizioni dell'aggregato grosso per calcestruzzo magro

Requisito	Normativa	Unità di misura	Prescrizioni
Dimensione massima	UNI EN 933-1	mm	25
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	%	$\leq 29$
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	%	$\leq 20$

Indice di forma	UNI EN 933-4	%	≤ 20
Quantità di frantumato	UNI EN 933-5	%	≥ 70
Sensibilità al gelo	UNI EN 1367-1	%	≤ 30
<b>Contenuto di:</b>			
Rocce reagenti con alcali del cemento	CNR 104/84	%	≤ 1

#### Aggregato fino

L'aggregato fino, passante al setaccio UNI 4 mm, dovrà essere costituito da elementi naturali o di frantumazione, che soddisfano le caratteristiche riassunte in Tabella 8:

Tabella 8: Prescrizioni dell'aggregato fino per calcestruzzo magro

Requisito	Normativa	Unità di misura	Prescrizioni
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	%	30 ÷ 60
Limite Liquido	UNI CEN ISO 17892-12	%	≤ 25
Indice di Plasticità	UNI CEN ISO 17892-12	%	N.P.
Passante al setaccio UNI 0,063 mm	UNI EN 933-10	%	≤ 1
<b>Contenuto di:</b>			
Rocce tenere, alterate o scistose	CNR 104/84	%	≤ 1
Rocce degradabili o solfatiche	CNR 104/84	%	≤ 1
Rocce reagenti con alcali del cemento	CNR 104/84	%	≤ 1

#### Acqua

Dovrà essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica e qualsiasi altra sostanza nociva.

Il rapporto acqua-cemento ammesso dovrà risultare non superiore a 0,55.

L'acqua con cui viene eseguito l'impasto dovrà essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica e qualsiasi altra sostanza nociva. La quantità di acqua nella miscela sarà quella corrispondente all'umidità ottima di costipamento con energia AASHO Modificata (UNI EN 13286-2) con una variazione compresa entro ± 2% del peso della miscela per consentire il raggiungimento delle resistenze indicate di seguito.

#### 12.2 MISCELA

Le miscele di aggregati fini e grossi, mescolati in percentuale adeguata, dovranno dare luogo ad una composizione granulometrica costante, che permetta di ottenere i requisiti voluti sia nell'impasto fresco (consistenza, omogeneità, lavorabilità, ecc.), che nell'impasto indurito (resistenza, ritiro, durabilità, ecc.).

La curva granulometrica dovrà essere tale da ottenere la massima compattezza del calcestruzzo con il minimo dosaggio di cemento, compatibilmente con gli altri requisiti.

Particolare attenzione dovrà essere rivolta alla granulometria della sabbia, al fine di ridurre al minimo il fenomeno del bleeding (essudazione) nel calcestruzzo.

Il conglomerato cementizio magro dovrà rispondere alle seguenti caratteristiche principali:

- Classe di esposizione ambientale: X0 (UNI 11104);
- Classe di resistenza: CLASSE C12/15;
- Contenuto minimo di cemento: 150 daN/m<sup>3</sup>.

### **12.3 PRODUZIONE E POSA IN OPERA**

Le miscele dovranno essere confezionate in impianti fissi o mobili automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti perfettamente funzionanti ed efficienti o in sito. Si dovrà garantire uniformità di produzione. La miscela non potrà essere stesa a temperature inferiori a 0°C.

La posa del calcestruzzo magro di livellamento per la sezione idraulica del fognolo dovrà avvenire previa stesa di mano di aggrappante su fondo e pareti interni degli elementi prefabbricati stessi.

### **12.4 SPECIFICHE DI CONTROLLO**

Su cubetti prelevati dal getto in conformità con le Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 del D.M. n. 1086/71 e successivi aggiornamenti, la resistenza a compressione caratteristica (Rck) dopo 28 giorni di maturazione dovrà risultare non inferiore a 15 MPa.

## **13.- CALCESTRUZZO, ACCIAIO PER C.A. E CASSERI**

### **13.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Le presenti prescrizioni si intendono integrative delle Norme Tecniche emanate in applicazione all'art. 21 della legge n. 1086 del 05.11.1971 e delle norme di legge vigenti in merito a leganti, inerti, acqua di impasto ed additivi nonché delle relative Norme UNI.

In particolare le verifiche e le elaborazioni di cui sopra saranno condotte osservando tutte le vigenti disposizioni di Legge e le Norme emanate in materia.

L'Appaltatore sarà tenuto all'osservanza:

- della Legge 05.11.1971, n. 1086 “ Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica” (G.U. n. 321 del 21.12.1971);
- del D.M. 14.11.2008 “ Norme Tecniche per le Costruzioni”.

Gli elaborati di progetto, dovranno indicare i tipi e le classi di calcestruzzo ed i tipi di acciaio da impiegare.

L'Appaltatore sarà tenuto inoltre a presentare all'esame della Direzione Lavori i progetti delle opere provvisorie (centine, armature di sostegno e attrezzature di costruzione).

In particolare, prima dell'inizio dei getti di ciascuna opera d'arte, l'Appaltatore sarà tenuto a presentare in tempo utile all'esame della Direzione dei Lavori, i risultati dello studio preliminare di qualificazione eseguito per ogni tipo di conglomerato cementizio la cui classe figura nei calcoli statici delle opere comprese nell'appalto al fine di comprovare che il conglomerato proposto avrà resistenza non inferiore a quella richiesta dal progetto.

La Direzione dei Lavori autorizzerà l'inizio dei getti dei conglomerati cementizi solo dopo aver avuto dall'Appaltatore i certificati dello studio preliminare rilasciato da Laboratori Ufficiali ed aver effettuato gli opportuni riscontri, ivi comprese ulteriori prove di laboratorio.

L'esame e la verifica, da parte della Direzione dei Lavori, dei progetti delle opere e dei certificati degli studi preliminari di qualificazione, non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

Quindi resta stabilito che, malgrado i controlli eseguiti dalla Direzione dei Lavori, l'Appaltatore rimane l'unico e diretto responsabile delle opere a termine di legge, pertanto sarà tenuto a rispondere degli inconvenienti di qualunque natura, importanza e conseguenza che avessero a verificarsi.

I tipi di conglomerato cementizio ed i loro campi di impiego sono definiti in base alle indicazioni riportate sul D.M. 14.01.08 e alle norme UNI EN 206-1 e UNI 11104.

### **13.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI COSTITUENTI I CONGLOMERATI CEMENTIZI**

#### **Legante cementizio**

Per i manufatti in calcestruzzo armato, potranno essere impiegati unicamente cementi secondo quanto definito nel D.M. 14.01.08.

L'Appaltatore dovrà avere cura di approvvigionare il cemento presso cementerie che operino con sistemi di qualità certificati.

Nel caso in cui esso venga approvvigionato allo stato sfuso, il relativo trasporto dovrà effettuarsi a mezzo di contenitori che lo proteggano dall'umidità ed il pompaggio del cemento nei silos deve essere effettuato in modo da evitare la miscelazione fra tipi diversi.

I silos dovranno garantire la perfetta tenuta nei confronti dell'umidità atmosferica, ciascun silo dovrà contenere un cemento di un unico tipo, unica classe ed unico produttore chiaramente identificato da appositi contrassegni.

Se approvvigionato in sacchi, dovrà essere sistemato su pedane poste su un pavimento asciutto e in ambiente chiuso.

E' vietato l'uso di cementi diversi per l'esecuzione di ogni singola opera o elemento costruttivo.

#### **Aggregati**

Gli inerti impiegati per il confezionamento del conglomerato cementizio potranno provenire da vagliatura e trattamento dei materiali alluvionali o da frantumazione di materiali di cava e dovranno avere caratteristiche conformi alle Norme UNI EN 12620 e UNI 8520 e dovranno possedere marcatura CE.

Dovranno essere costituiti da elementi non gelivi privi di parti friabili e polverulente o scistose, argilla e sostanze organiche.

Non dovranno contenere i minerali dannosi:

- pirite;
- marcasite;
- pirrotina;
- gesso;
- solfati solubili.

A cura dell'Appaltatore, sotto il controllo della Direzione Lavori, dovrà essere accertata, mediante esame mineralogico (UNI EN 932-3) presso un laboratorio ufficiale/autorizzato, l'assenza dei minerali indesiderati e di forme di silice reattiva verso gli alcali del cemento (opale, calcedonio, tridimite, cristobalite, quarzo cristallino in stato di alterazione o tensione, selce, vetri vulcanici, ossidiane), per ciascuna delle cave di provenienza dei materiali.

Ove fosse presente silice reattiva si procederà all'esecuzione delle prove della Norma UNI 8520 parte 22, punto 3, con la successione e l'interpretazione ivi descritte.

Copia della relativa documentazione dovrà essere custodita dalla Direzione Lavori e dall'Appaltatore.

In assenza di tali certificazioni il materiale non potrà essere posto in opera, e dovrà essere allontanato e sostituito con materiale idoneo.

Saranno rifiutati pietrischetti, pietrischi e graniglie aventi un coefficiente di forma, determinato secondo UNI EN 933-3 parte 18, minore di 0,15 (per un diametro massimo  $D_{max}$  fino a 32 mm) e minore di 0,12 (per un diametro massimo  $D_{max}$  fino a 64 mm).

La curva granulometrica dovrà essere tale da ottenere il massimo peso specifico del conglomerato cementizio a parità di dosaggio di cemento e di lavorabilità dell'impasto e dovrà consentire di ottenere i

requisiti voluti sia nell'impasto fresco (consistenza, omogeneità, lavorabilità, aria inglobata, etc.) che nell'impasto indurito (resistenza, permeabilità, modulo elastico, ritiro, viscosità, durabilità, etc.).

Particolare attenzione dovrà essere rivolta alla granulometria della sabbia al fine di ridurre al minimo il fenomeno dell'essudazione (bleeding) nel conglomerato cementizio.

Gli inerti dovranno essere suddivisi in almeno tre pezzature, le cui pezzature saranno denominate secondo quanto previsto nella UNI EN 12620.

Le singole pezzature non dovranno contenere frazioni granulometriche appartenenti alle pezzature inferiori, in misura superiore al 15% e frazioni granulometriche, appartenenti alle pezzature superiori, in misura superiore al 10% della pezzatura stessa.

Le prove da effettuarsi per la qualifica degli aggregati e per il mantenimento della certificazione CE, oltre che le relative frequenze di prova sono quelle definite nella norma UNI EN 12620, come riportato in Tabella 9:

Tabella 9: Prescrizioni degli aggregati per calcestruzzo

Caratteristiche	Prove	Norme	Tolleranza di accettabilità
Gelività degli aggregati	Determinazione della resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1/07	Perdita di massa $\leq 4\%$ dopo 20 cicli
Resistenza all'abrasione	Los Angeles	UNI EN 1097-2/08	Perdita di massa LA 30%
Compattezza degli aggregati	Degradabilità degli inerti Prova al solfato di magnesio	UNI EN 1367-2/10	Perdita di massa dopo 5 cicli $\leq 10\%$
Presenza di gesso e solfati solubili	Analisi chimica degli inerti	UNI EN 1744-1/10	$SO_3 \leq 0,05\%$
Presenza di argille	Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8/00	$ES \geq 80$ $VB \leq 0,6 \text{ cm}^3/\text{gr}$ di fini
Presenza di pirite, marcasite e pirrotina	Analisi petrografica	UNI EN 932-3/04	Assenti
Presenza di sostanze organiche	Determinazione colorimetrica	UNI EN 1744-1/10	Per aggregato fine: colore della soluzione più chiaro dello standard di riferimento
Presenza di forme di silice reattiva	Potenziale reattività dell'aggregato: <ul style="list-style-type: none"> <li>• metodo chimico</li> <li>Potenziale attività delle miscele cemento aggregati:</li> <li>• metodo del prisma di malta</li> </ul>	UNI 8520 (parte 22)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• UNI 8520 (parte 22 punto 4)</li> <li>• UNI 8520 (parte 22 punto 5)</li> </ul>
Presenza di cloruri solubili	Analisi chimica	UNI EN 1744-1/10	$Cl \leq 0,05\%$
Coefficiente di forma e di appiattimento	Determinazione dei coefficienti di forma e di appiattimento	UNI EN 933-3/04	$C_f \geq 0,15$ ( $D_{max} = 32 \text{ mm}$ ) $C_f \geq 0,12$ ( $D_{max} = 64 \text{ mm}$ )

Frequenza delle prove	La frequenza sarà a discrezione della Direzione Lavori. Comunque dovranno essere eseguite prove: prima dell'autorizzazione all'impiego; per ogni cambiamento di cava o materiali nel corpo di cava; ogni 8.000 m <sup>3</sup> di aggregati impiegati.
-----------------------	---

#### **Acqua di impasto**

L'acqua di impasto dovrà soddisfare ai requisiti stabiliti dalle norme tecniche emanate con UNI EN 1008. L'acqua dovrà essere aggiunta nella quantità prescritta in relazione al tipo di conglomerato cementizio, tenendo conto dell'acqua contenuta negli inerti in modo da rispettare il previsto rapporto acqua/cemento. Se l'acqua proviene da pozzo le suddette analisi dovranno essere effettuate ogni 3 mesi.

#### **Additivi e disarmanti**

Le loro caratteristiche dovranno essere verificate sperimentalmente in sede di qualifica/in corso d'opera dei conglomerati cementizi, esibendo inoltre, certificati di prova di laboratorio specializzato che dimostrino la conformità del prodotto alle disposizioni vigenti.

Nel caso di uso contemporaneo di più additivi, l'Appaltatore dovrà fornire alla Direzione Lavori la prova della loro compatibilità.

E' vietato usare lubrificanti di varia natura e olii esausti come disarmanti.

Dovranno essere impiegati prodotti specifici, conformi alla norme UNI di riferimento per i quali è stato verificato che non macchino o danneggino la superficie del conglomerato cementizio indurito.

### **13.3 QUALIFICA PRELIMINARE DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI**

L'Appaltatore è tenuto all'osservanza della Legge 05.11.1971 n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica", nonché delle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della predetta legge (D.M. del 14.01.08).

Lo studio, per ogni classe di conglomerato cementizio che figura nei calcoli statici delle opere, dovrà essere fornito prima dell'inizio dei getti.

Tale studio dovrà comprovare la conformità del conglomerato cementizio e dei singoli componenti.

In particolare, nella relazione di qualificazione dovrà essere fatto riferimento a:

- resistenza caratteristica a compressione Rck (UNI EN 12390-3:2009);
- durabilità delle opere (UNI 8981-4:1999);
- diametro massimo dell'aggregato (UNI 8520);
- tipi di cemento e dosaggi minimi ammessi;
- modulo elastico secante a compressione, ove previsto dal progettista (UNI 6556);
- contenuto d'aria del conglomerato cementizio fresco (UNI EN 12350-7:2002);
- ritiro idraulico, se richiesto in funzione della classe di esposizione della miscela (UNI 11307:2008);
- resistenza ai cicli gelo-disgelo, se richiesto in funzione della classe di esposizione della UNI CEN/TS 12390-9:2006;
- impermeabilità (profondità di penetrazione all'acqua sotto pressione), se richiesto in funzione della classe di esposizione della miscela UNI EN 12390-8.

Inoltre, si dovrà sottoporre all'esame della Direzione Lavori:

- a) i campioni dei materiali che intende impiegare, indicando provenienza, tipo e qualità dei medesimi;
- b) la caratterizzazione granulometrica degli aggregati;
- c) il tipo e il dosaggio del cemento, il rapporto acqua/cemento, lo studio della composizione granulometrica degli aggregati, il tipo e il dosaggio degli additivi che intende usare, il contenuto di aria inglobata, il valore previsto della consistenza misurata con il cono di Abrams, per ogni tipo e classe di conglomerato cementizio;
- d) la certificazione FPC del quale deve essere dotato l'impianto di betonaggio secondo quanto previsto nel D.M. 14.01.08;

e) i risultati delle prove preliminari di resistenza meccanica sui cubetti di conglomerato cementizio da eseguire con le modalità più avanti descritte;

f) lo studio dei conglomerati cementizi ai fini della durabilità, eseguito secondo quanto precisato successivamente.

La Direzione Lavori autorizzerà l'inizio dei getti di conglomerato cementizio solo dopo aver esaminato ed approvato la documentazione per la qualifica dei materiali e degli impasti di conglomerato cementizio e dopo aver effettuato, in contraddittorio con l'Appaltatore, impasti di prova del calcestruzzo per la verifica dei requisiti, di cui alle tabelle riportate sugli elaborati progettuali.

Le miscele verranno autorizzate qualora la resistenza a compressione media per ciascun tipo di conglomerato cementizio, misurata a 28 giorni sui provini prelevati dagli impasti di prova all'impianto di confezionamento, soddisfi i criteri di accettazione contenuti nel D.M. 14.01.08.

Il numero di campioni e le metodologie di prova saranno quelle stabilite dal D.M. 14.01.08, ferma restando la facoltà della Direzione Lavori di disporre eventuali prove aggiuntive che ritenesse necessarie.

L'esame e la verifica, da parte della Direzione Lavori dei certificati dello studio preliminare, non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità ad essa derivanti per legge e per contratto, restando stabilito che, malgrado i controlli eseguiti dalla Direzione Lavori, esso Appaltatore rimane l'unico e diretto responsabile delle opere a termine di legge.

Caratteristiche dei materiali e composizione degli impasti, definite in sede di qualifica, non possono essere modificati in corso d'opera.

Qualora si prevedesse una variazione dei materiali, la procedura di qualifica dovrà essere ripetuta.

Qualora l'Appaltatore impieghi conglomerato cementizio preconfezionato pronto all'uso, per il quale si richiama la Norma UNI EN 206-1, le prescrizioni sulla qualificazione dei materiali, la composizione degli impasti e le modalità di prova, dovranno essere comunque rispettate.

Si puntualizza che per la realizzazione delle opere in conglomerato cementizio dovrà comunque essere impiegato esclusivamente "conglomerato cementizio a prestazione garantita" secondo la Norma UNI EN 206-1.

Le prescrizioni relative alla classe di conglomerato cementizio (resistenza caratteristica cubica a 28 giorni di stagionatura espressa in MPa) sono da ritenersi come minime.

### **13.4 CONTROLLI IN CORSO D'OPERA**

La Direzione Lavori eseguirà controlli periodici in corso d'opera per verificare la corrispondenza tra le caratteristiche dei materiali e degli impasti impiegati e quelle definite in sede di qualifica.

Per consentire l'effettuazione delle prove in tempi congruenti con le esigenze di avanzamento dei lavori, l'Appaltatore dovrà disporre di uno o più laboratori attrezzati, per l'esecuzione delle previste, in cantiere e/o all'impianto di confezionamento, ad eccezione delle determinazioni chimiche che dovranno essere eseguite presso un Laboratorio Ufficiale.

#### **Granulometria degli inerti**

Gli inerti, oltre a soddisfare le prescrizioni precedentemente riportate, dovranno appartenere a classi granulometricamente diverse e mescolati nelle percentuali richieste formando miscele granulometricamente costanti tali che l'impasto fresco ed indurito abbia i prescritti requisiti di resistenza, consistenza, aria inglobata, permeabilità e ritiro.

La curva granulometrica dovrà, in relazione al dosaggio di cemento, garantire la massima compattezza al conglomerato cementizio.

Il diametro massimo dell'inerte dovrà essere scelto in funzione delle dimensioni dei copriferri ed interferri, delle caratteristiche geometriche dei casseri, delle modalità di getto e del tipo di mezzi d'opera.

Per quanto riguarda la tipologia di prove e la loro frequenza occorre far riferimento a quanto indicato nel presente capitolo.

#### **Resistenza dei conglomerati cementizi**

Durante l'esecuzione delle opere cementizie per la determinazione delle resistenze a compressione dei conglomerati, per la preparazione e stagionatura dei provini, per la forma e dimensione degli stessi e relative casseforme, dovranno essere osservate le prescrizioni previste nel D.M. 14.01.08 cap. 11.2.

Nel caso che il valore della resistenza caratteristica cubica ( $R_{ck}$ ) ottenuta sui provini assoggettati a prove nei laboratori di cantiere risulti essere inferiore a quello indicato nei calcoli statici e nei disegni di progetto, la Direzione Lavori potrà, a suo insindacabile giudizio, ordinare la sospensione dei getti dell'opera d'arte interessata in attesa dei risultati delle prove eseguite presso Laboratori Ufficiali/autorizzati.

Qualora anche dalle prove eseguite presso Laboratori ufficiali/autorizzati risultasse un valore della  $R_{ck}$  inferiore a quello indicato nei calcoli statici e nei disegni di progetto, ovvero una prescrizione del controllo di accettazione non fosse rispettata, occorre procedere, a cura e spese dell'Appaltatore, ad un controllo teorico e/o sperimentale della struttura interessata dal quantitativo di conglomerato non conforme sulla base della resistenza ridotta del conglomerato, ovvero ad una verifica delle caratteristiche del conglomerato messo in opera mediante prove complementari, o col prelievo di provini di calcestruzzo indurito messo in opera o con l'impiego di altri mezzi di indagine.

Tali controlli e verifiche formeranno oggetto di una relazione supplementare nella quale si dimostri che, ferme restando le ipotesi di vincoli e di carico delle strutture, la  $R_{ck}$  è ancora compatibile con le sollecitazioni previste in progetto, secondo le prescrizioni delle vigenti norme di legge.

Se tale relazione sarà approvata dalla Direzione Lavori il calcestruzzo verrà contabilizzato in base al valore della resistenza caratteristica trovata.

Nel caso che la  $R_{ck}$  non risulti compatibile con le sollecitazioni previste in progetto, l'Appaltatore sarà tenuto, a sua cura e spese, alla demolizione e rifacimento dell'opera oppure all'adozione di quei provvedimenti che, proposti dalla stessa, per diventare operativi dovranno essere formalmente approvati dalla Direzione Lavori.

Nessun indennizzo o compenso sarà dovuto all'Appaltatore se la  $R_{ck}$  risulterà maggiore a quella indicata nei calcoli statici e nei disegni di progetto.

Nel caso in cui la Direzione Lavori richieda il prelievo di campioni da strutture già realizzate e stagionate, questo prelievo da eseguire in contraddittorio, potrà avvenire secondo le indicazioni riportate nel DM 14.01.08 al p.to 11.2.6.

### **Controllo della lavorabilità**

La lavorabilità del conglomerato cementizio fresco sarà valutata con la misura all'abbassamento al cono di Abrams (slump) in mm secondo la Norma UNI EN 12350, tale prova dovrà essere eseguita in concomitanza a ciascun prelievo di campioni.

Per la classe di consistenza S5 i valori di abbassamento dovranno essere compresi tra 220 e 250 mm ( $\pm 10$  mm).

Il conglomerato cementizio non dovrà presentarsi segregato e la quantità di acqua essudata, misurata secondo la Norma UNI 7122, dovrà essere nulla.

In alternativa, per abbassamenti inferiori ai 160 mm si dovrà eseguire la prova con la tavola a scosse secondo il metodo DIN 1048, o con l'apparecchio VEBE'.

### **Controllo del rapporto acqua/cemento**

Il rapporto acqua/cemento dovrà essere valutato tenendo conto dell'acqua contenuta negli inerti che di quella assorbita dagli stessi secondo le norme UNI EN 1097-6 (condizione di inerte "saturo a superficie asciutta", per la quale l'aggregato non cede e non assorbe acqua all'impasto) ed UNI 11201.

Il suddetto rapporto, dovrà essere controllato secondo le indicazioni riportate nella Norma UNI 11201, e non dovrà discostarsi di  $\pm 0,02$  da quello verificato in fase di qualificazione della relativa miscela.

Il rapporto a/c dovrà essere controllato anche in cantiere, almeno una volta alla settimana, tale rapporto non dovrà scostarsi più del  $\pm 0,02$  da quello teorico di qualifica.

### **Controllo dell'omogeneità del conglomerato cementizio**

L'omogeneità del conglomerato cementizio, per ogni miscela utilizzata, all'atto del getto, dovrà essere verificata vagliando ad umido due campioni, prelevati a 1/5 e 4/5 dello scarico della betoniera, attraverso il vaglio a maglia quadrata da 4 mm.

La percentuale in peso del materiale trattenuto nel vaglio dei due campioni non dovrà differire più del 10%, inoltre lo slump degli stessi prima della vagliatura non dovrà differire di più di 30 mm. Il controllo dell'omogeneità dovrà essere effettuato in cantiere almeno 1 volta al mese.

#### **Controllo del contenuto di aria**

La prova del contenuto di aria dovrà essere effettuata ogni qualvolta si impieghi un additivo aerante.

Essa verrà eseguita con il metodo UNI EN 12350-7.

Tale contenuto dovrà essere determinato con le cadenze previste nella Norma UNI EN 206-1 (ogni qualvolta è utilizzato l'aerante: ogni giorno, al 1° impasto)

#### **Determinazione della massa volumica**

Tale controllo dovrà essere eseguito su conglomerato cementizio fresco, secondo quanto stabilito dalle Norme UNI EN 12350-6.

### **13.5 DURABILITA' DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI**

La durabilità delle opere in conglomerato cementizio è definita dalla capacità di mantenere nel tempo, entro limiti accettabili per le esigenze di esercizio, i valori delle caratteristiche funzionali in presenza di cause di degradazione.

Le cause di degradazione più frequenti sono i fenomeni di corrosione delle armature, i cicli di gelo/disgelo, l'attacco di acque aggressive di varia natura e la presenza di solfati.

La Direzione Lavori potrà prescrivere l'effettuazione di prove per la determinazione del grado di impermeabilità del calcestruzzo.

In particolare, ai fini di preservare le armature da qualsiasi fenomeno di aggressione ambientale, il copriferro minimo da prevedere, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice della barra più vicina, non dovrà essere inferiore a 30 (trenta) mm.

Tale prescrizione dovrà essere applicata anche a tutte le strutture prefabbricate.

### **13.6 TECNOLOGIA ESECUTIVA DELLE OPERE**

#### **Confezione dei conglomerati cementizi**

La confezione dei conglomerati cementizi dovrà essere eseguita con gli impianti preventivamente sottoposti all'esame della Direzione Lavori.

Gli impianti di betonaggio saranno del tipo automatico o semiautomatico, con dosatura a peso degli aggregati, dell'acqua, degli additivi e del cemento; la dosatura del cemento dovrà sempre essere realizzata con bilancia indipendente e di adeguato maggior grado di precisione, dovrà essere controllato il contenuto di umidità degli aggregati.

La dosatura effettiva degli aggregati totali dovrà essere realizzata con precisione del 3%, mentre quella del cemento dovrà essere realizzata con precisione del 2%.

Le bilance dovranno essere revisionate almeno una volta ogni due mesi, tarate all'inizio del lavoro e successivamente almeno una volta all'anno.

Per l'acqua e gli additivi è ammessa anche la dosatura a volume.

La dosatura effettiva dell'acqua dovrà essere realizzata con precisione del 2% ed i relativi dispositivi dovranno essere tarati almeno una volta al mese o comunque quando richiesto dalla Direzione Lavori.

Il dispositivo di misura del cemento, dell'acqua e degli additivi dovranno essere del tipo individuale.

Le bilance per la pesatura degli inerti possono essere di tipo cumulativo (peso delle varie pezzature con successione addizionale).

Si dovrà disporre all'impianto, nel caso di guasto dell'apparecchiatura automatica di carico dei componenti, di tabelle riportanti le pesate cumulative dei componenti per tutte le miscele approvate e per le diverse quantità miscelate in funzione della variazione di umidità della sabbia.

Gli inerti dovranno essere tassativamente ed accuratamente lavati in modo tale da eliminare materiali dannosi o polveri aderenti alla superficie.

La percentuale di umidità nelle sabbie non dovrà, di massima, superare l'8% in peso di materiale secco.

Gli inerti dovranno essere stoccati in quantità sufficiente a completare qualsiasi struttura che debba essere gettata senza interruzioni.

Il luogo di deposito dovrà essere di dimensioni adeguate e consentire lo stoccaggio senza segregazione delle diverse pezzature che dovranno essere separate da appositi setti.

Gli aggregati verranno prelevati in modo tale da garantire la rotazione continua dei volumi stoccati.

I silos del cemento debbono garantire la perfetta tenuta nei riguardi dell'umidità atmosferica.

Gli impasti dovranno essere confezionati in betoniere aventi capacità tale da contenere tutti gli ingredienti della pesata senza debordare.

Il tempo e la velocità di mescolamento dovranno essere tali da garantire un impasto omogeneo secondo i requisiti indicati nel presente capitolo.

Per quanto non specificato, vale la Norma UNI EN 206-1 ed UNI 11104.

L'impasto dovrà risultare di consistenza uniforme ed omogeneo, uniformemente coesivo (tale cioè da essere trasportato e manipolato senza che si verifichi la separazione dei singoli elementi); lavorabile (in maniera che non rimangano vuoti nella massa o sulla superficie dei manufatti dopo eseguita la vibrazione in opera).

Se al momento della posa in opera la consistenza del conglomerato cementizio non è quella prescritta, lo stesso non dovrà essere impiegato per l'opera ma scaricato in luogo appositamente destinato dall'Appaltatore.

Tuttavia se la consistenza è minore di quella prescritta (minore slump) e il conglomerato cementizio è ancora in fase d'impasto, la consistenza può essere portata fino al valore prescritto mediante aggiunta di additivi fluidificanti e l'aggiunta verrà registrata sulla bolla di consegna.

La lavorabilità non potrà essere ottenuta con maggiore impiego di acqua di quanto previsto nella composizione del conglomerato cementizio.

L'impiego di fluidificanti, aeranti, plastificanti, potrà essere autorizzato dalla DL, anche se non previsti negli studi preliminari.

In questi casi, l'uso di aeranti e plastificanti sarà effettuato a cura e spese dell'Appaltatore, senza che questa abbia diritto a pretendere indennizzi o sovrapprezzi per tale titolo.

La produzione e il getto del conglomerato cementizio dovranno essere sospesi nel caso in cui la temperatura ambiente scenda al di sotto di 5°C, a meno che sia garantita una temperatura dell'impasto appena miscelato non inferiore a + 8°C.

I getti all'esterno dovranno comunque essere sospesi quando la temperatura scende al di sotto di -5°C.

Nel luogo di produzione ed in cantiere dovranno essere installati termometri atti a misurare la minima e la massima temperatura atmosferica giornaliera.

### **Trasporto**

Il trasporto dei conglomerati cementizi dall'impianto di betonaggio al luogo di impiego dovrà essere effettuato con mezzi idonei al fine di evitare la possibilità di segregazione dei singoli componenti e comunque tali da evitare ogni possibilità di deterioramento del conglomerato cementizio medesimo.

Saranno accettate in funzione della durata e della distanza di trasporto, le autobetoniere e le benne a scarico di fondo ed, eccezionalmente, i nastri trasportatori.

Lo scarico dei componenti nel tamburo delle autobetoniere dovrà avvenire in modo che una parte dell'acqua e di aggregato grosso venga scaricata prima del cemento e degli altri aggregati.

Le betoniere dovranno essere esaminate periodicamente per verificare l'eventuale diminuzione di efficacia dovuta sia all'accumulo di conglomerato indurito o legante che per l'usura delle lame.

Ogni carico di conglomerato cementizio dovrà essere accompagnato da una bolla sulla quale dovranno essere riportati:

- data;
- classe di conglomerato;
- tipo, classe e dosaggio di cemento;
- dimensione massima dell'aggregato;
- la classe di consistenza;
- i metri cubi trasportati;
- l'ora di partenza dall'impianto di confezionamento;
- la struttura a cui è destinato.
- report di carico

L'Appaltatore dovrà esibire detta documentazione alla Direzione Lavori.

L'uso delle pompe sarà consentito a condizione che l'Appaltatore adotti, a sua cura e spese, provvedimenti idonei a mantenere il valore prestabilito del rapporto acqua/cemento del conglomerato cementizio alla bocca di uscita della pompa.

Non saranno ammessi gli autocarri a cassone o gli scivoli.

L'omogeneità dell'impasto sarà controllata, all'atto dello scarico, con la prova indicata in precedenza.

La lavorabilità dell'impasto sarà controllata durante le fasi di scarico in opera secondo quanto prima indicato nella sezione corrente.

In aggiunta alle prove sopra previste dovrà essere controllata la lavorabilità dell'impasto anche allo scarico della prima betoniera (di ciascun getto/impianto/miscela).

Se durante i controlli effettuati l'abbassamento eccede il range previsto dalla UNI EN 206-1 ma è ricompreso nelle tolleranze previste dalla norma dovrà essere eseguita una seconda prova sulla medesima betoniera: la differenza fra i risultati delle due prove non dovrà essere maggiore di 5 cm e comunque non dovrà superare quanto specificato dalla UNI EN 206-1, salvo l'uso di particolari additivi.

Se il conglomerato cementizio viene pompato, il valore dello "slump" dovrà essere misurato prima dell'immissione nella pompa.

In ogni caso il tempo intercorrente tra il confezionamento all'impianto ed il getto non dovrà essere superiore ai 90 minuti, a meno che si attesti il mantenimento della lavorabilità anche durante la fase di qualifica delle miscele con effettuazione di prove tecnologiche atte a costruire la curva consistenza/tempo. E' facoltà della Direzione Lavori di rifiutare carichi di conglomerato cementizio non rispondenti ai requisiti prescritti.

### **Posa in opera**

I getti dovranno essere iniziati solo dopo la verifica degli scavi, delle casseforme e delle armature metalliche da parte della Direzione Lavori.

La posa in opera sarà eseguita con ogni cura ed a regola d'arte, dopo aver preparato accuratamente e rettificati i piani di posa, le casseforme, i cavi da riempire e dopo aver posizionato le armature metalliche.

Nel caso di getti contro terra, roccia, ecc., si deve controllare che la pulizia del sottofondo, il posizionamento di eventuali drenaggi, la stesura di materiale isolante o di collegamento, siano eseguiti in conformità alle disposizioni di progetto e delle presenti Norme.

I getti dovranno risultare perfettamente conformi ai particolari costruttivi di progetto ed alle prescrizioni della Direzione Lavori.

Si avrà cura che in nessun caso si verificino cedimenti dei piani di appoggio e delle pareti di contenimento.

Le casseforme dovranno essere atte a garantire superfici di getto regolari ed a perfetta regola d'arte; in tal senso l'Appaltatore provvederà, a sua cura e spese, alla posa di opportuni ponteggi ed impalcature, previa presentazione ed approvazione da parte della Direzione Lavori dei relativi progetti.

Dovranno essere impiegati prodotti disarmanti qualificati aventi i requisiti di cui alle specifiche della Norma UNI 8866; le modalità di applicazione dovranno essere quelle indicate dal Produttore evitando accuratamente aggiunte eccessive e ristagni di prodotto sul fondo delle casseforme.

Le modalità di applicazione dovranno essere quelle indicate dal Produttore evitando accuratamente aggiunte eccessive e ristagni di prodotto sul fondo delle casseforme.

La Direzione Lavori eseguirà un controllo della quantità di disarmante impiegato in relazione allo sviluppo della superficie di casseforme trattate.

Dovrà essere controllato inoltre che il disarmante impiegato non macchi o danneggi la superficie del conglomerato.

A tale scopo saranno usati prodotti efficaci per la loro azione specifica escludendo i lubrificanti di varia natura.

Dal giornale lavori del cantiere dovrà risultare la data di inizio e di fine dei getti e del disarmo.

Se il getto dovesse essere effettuato durante la stagione invernale, l'Appaltatore dovrà tenere registrati giornalmente i minimi di temperatura desunti da un apposito termometro esposto nello stesso cantiere di lavoro.

Il conglomerato cementizio sarà posto in opera e assestato con ogni cura in modo che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee e perfettamente regolari ed esenti anche da macchie o chiazze.

Per la finitura superficiale delle solette è prescritto l'uso di piastre vibranti o in alternativa attrezzature equivalenti.

La regolarità dei getti dovrà essere verificata con un'asta rettilinea della lunghezza di 2,00 m (o con metodi equivalenti) che in ogni punto dovrà aderirvi uniformemente nelle due direzioni longitudinale e trasversale.

Saranno tollerati soltanto scostamenti inferiori ai 10 mm.

Eventuali irregolarità o sbavature dovranno essere asportate mediante bocciardatura e i punti incidentalmente difettosi dovranno essere ripresi accuratamente con malta fine di cemento, immediatamente dopo il disarmo, ciò qualora tali difetti o irregolarità siano contenuti nei limiti che la Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, riterrà tollerabili fermo restando in ogni caso che le suddette operazioni ricadranno esclusivamente e totalmente a carico dell'Appaltatore.

Quando le irregolarità siano mediamente superiori a 10 mm, la Direzione Lavori ne imporrà la regolarizzazione a totale cura e spese dell'Appaltatore mediante uno strato di materiali idonei che, a seconda dei casi e ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori potrà essere costituito da:

- malta fine di cemento;
- conglomerato bituminoso del tipo usura fine, per spessori non inferiori a 15 mm.

Eventuali ferri (filo, chiodi, reggette) che con funzione di legatura di collegamento casseri od altro, dovessero sporgere da getti finiti, dovranno essere tagliati almeno 0,5 cm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti verranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento.

Viene poi prescritto che, dovunque sia possibile, gli elementi dei casseri vengano fissati nella esatta posizione prevista utilizzando fili metallici liberi di scorrere entro tubetti di materiale PVC o simile, di colore grigio, destinati a rimanere incorporati nel getto di conglomerato cementizio, armato o non armato.

Lo scarico del conglomerato dal mezzo di trasporto dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione.

A questo scopo il conglomerato dovrà cadere verticalmente al centro della cassaforma e sarà steso in strati orizzontali di spessore limitato e comunque non superiore a 50 cm misurati dopo la vibrazione.

L'altezza di caduta libera del conglomerato fresco non dovrà mai essere superiore a 100 cm misurati dall'uscita dello scivolo o dalla bocca del tubo convogliatore.

E' vietato scaricare il conglomerato in un unico cumulo e distenderlo con l'impiego del vibratore.

Durante la posa in opera i vespai di ghiaia, eventualmente formati, dovranno essere dispersi prima della vibrazione del conglomerato cementizio.

Per getti in pendenza, dovranno essere predisposti dei cordolini di arresto che evitino la formazione di lingue di conglomerato cementizio troppo sottili per essere vibrato efficacemente.

Gli apparecchi, i tempi e le modalità per la vibrazione saranno quelli, preventivamente approvati dalla Direzione Lavori.

L'Appaltatore dovrà porre particolare cura nella realizzazione dei giunti di dilatazione o contrazione di tipo Impermeabile (waterstop), o giunti speciali aperti, a cunei, secondo le indicazioni di progetto.

Quando il conglomerato cementizio deve essere gettato in presenza d'acqua, si dovranno adottare gli accorgimenti approvati dalla Direzione Lavori, necessari per impedire che l'acqua lo dilavi e ne pregiudichi la normale maturazione.

La massa volumica del conglomerato cementizio indurito, misurata secondo la Norma UNI EN 12350 su provini prelevati dalla struttura, non dovrà risultare inferiore al 97% della massa volumica della miscela fresca misurata nelle prove di qualificazione e/o di quella dichiarata nel mix design.

### **Riprese di getto**

La Direzione Lavori avrà la facoltà di prescrivere, ove e quando lo ritenga necessario, che i getti vengano eseguiti senza soluzione di continuità così da evitare ogni ripresa, anche se ciò comporta che il lavoro debba essere condotto a turni ed anche in giornate festive, e senza che l'Appaltatore non potrà avanzare richiesta alcuna di maggiore compensi.

Nel caso ciò non fosse possibile, prima di effettuare la ripresa, la superficie di conglomerato cementizio indurito dovrà essere accuratamente pulita, lavata, spazzolata ed eventualmente scalfita fino a diventare sufficientemente rugosa da garantire una perfetta aderenza tra i getti successivi.

Tra le diverse riprese di getto non si dovranno avere distacchi, discontinuità o differenze di aspetto e colore.

### **Posa in opera in climi freddi**

Il clima si definisce freddo quando la temperatura risulta inferiore a 278 K (5 °C).

Valgono le prescrizioni riportate in precedenza nella presente sezione.

Si dovrà controllare comunque che la temperatura del conglomerato cementizio appena miscelato non sia inferiore a + 8°C e che non siano ghiacciate o innevate le superfici di fondo o di contenimento del getto e delle casseforme.

I getti all'esterno dovranno comunque essere sospesi quando la temperatura scende al di sotto di -5°C.

### **Posa in opera in climi caldi**

La temperatura dell'impasto non dovrà superare i 35°C (secondo le Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale - del Febbraio 2008).

Per getti massivi (superiori a 800 m<sup>3</sup>) dovrà essere specificato in una apposita procedura la temperatura massima del calcestruzzo.

Per ritardare la presa e per facilitare la posa e la finitura del conglomerato cementizio potranno essere eventualmente impiegati additivi ritardanti di presa preventivamente autorizzati dalla Direzione Lavori.

E' tassativo l'obbligo di adottare adeguati sistemi di protezione delle superfici esposte.

Per i tempi di rimozione dei casseri si dovrà rispettare quanto previsto nella Norma UNI EN 206.

## **13.7 STAGIONATURA E DISARMO**

### **Prevenzione delle fessure da ritiro plastico**

A getto ultimato dovrà essere curata la stagionatura dei conglomerati cementizi in modo da evitare un rapido prosciugamento delle superfici esposte all'aria dei medesimi e la conseguente formazione di fessure da ritiro plastico, usando tutte le cautele ed impiegando i mezzi più idonei allo scopo, fermo restando che il sistema proposto dall'Appaltatore dovrà essere approvato dalla Direzione Lavori.

A questo fine le superfici del conglomerato cementizio non protette dalle casseforme dovranno essere mantenute umide il più a lungo possibile sia per mezzo di prodotti antievaporanti (curing), da applicare a spruzzo subito dopo il getto, sia mediante continua bagnatura, sia con altri sistemi idonei.

I prodotti antievaporanti (curing) ed il loro dosaggio dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori.

La costanza della composizione dei prodotti antievaporanti dovrà essere verificata, a cura della Direzione Lavori ed a spese dell'Appaltatore, al momento del loro approvvigionamento.

In particolare per le solette, che sono soggette all'essiccamento prematuro ed alla fessurazione da ritiro plastico che ne deriva, è fatto obbligo di applicare sistematicamente il curing del calcestruzzo (come sopra definito).

E' ammesso in alternativa l'impiego, anche limitatamente ad uno strato superficiale di spessore non minore di 20 cm, di conglomerato cementizio rinforzato da fibre di resina sintetica di lunghezza da 20 a 35 mm, di diametro di alcuni millesimi di millimetro aggiunti nella betoniera e dispersi uniformemente nel conglomerato cementizio, in misura di 0,5-1,5 kg/m<sup>3</sup>.

Per assicurare la funzionalità e la durata delle strutture è necessario, come previsto dal D.M. 14.01.2008 al punto 4.1.2.2.4, non superare uno stato limite di fessurazione adeguato alle condizioni ambientali, alle sollecitazioni ed alla sensibilità delle armature alla corrosione.

In Tabella 10 (riportata nel par. 4.1.2.2.4.5 del D.M. 14.01.2008) sono indicati i criteri di scelta dello stato limite di fessurazione:

Tabella 10: Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	wd	Stato limite	wd
a	Ordinarie	Frequente	Ap. fessure	$\leq w_2$	Ap. fessure	$\leq w_3$
		Quasi permanente	Ap. fessure	$\leq w_1$	Ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	Frequente	Ap. fessure	$\leq w_1$	Ap. fessure	$\leq w_2$
		Quasi permanente	Decompressione	-	Ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	Frequente	Formazione fessure	-	Ap. fessure	$\leq w_1$
		Quasi permanente	Decompressione	-	Ap. fessure	$\leq w_1$

Nella tabella i valori limite di apertura delle fessure -  $w_d$  - sono pari a:

- $w_1 = 0,2$  mm;
- $w_2 = 0,3$  mm;
- $w_3 = 0,4$  mm.

Le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature metalliche, possono essere suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive (par. 4.1.2.2.4.3 D.M. 14.01.2008), in relazione a quanto indicato in Tabella 11, con riferimento alle classi di esposizione definite nelle Linee Guida per il calcestruzzo strutturale emesse dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Tabella 11: Descrizione delle condizioni ambientali

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Di norma viene esclusa la accelerazione dei tempi di maturazione con trattamenti termici per i conglomerati gettati in opera.

In casi particolari la Direzione Lavori potrà autorizzare l'uso di tali procedimenti dopo l'esame e verifica diretta delle modalità proposte, che dovranno rispettare comunque quanto previsto nei seguenti paragrafi.

#### **Maturazione accelerata con trattamenti termici**

La maturazione accelerata dei conglomerati cementizi con trattamento termico sarà permessa qualora siano state condotte indagini sperimentali sul trattamento termico che si intende adottare.

In particolare, si dovrà controllare che ad un aumento delle resistenze iniziali non corrisponda una resistenza finale minore di quella che si otterrebbe con maturazione naturale.

Dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- la temperatura del conglomerato cementizio, durante le prime 3 ore dall'impasto non deve superare 303 K (30°C);
- il gradiente di temperatura di riscaldamento e quello di raffreddamento non deve superare 15 K/h (°C/ora), e dovranno essere ulteriormente ridotti qualora non sia verificata la condizione di cui al successivo quarto punto;
- la temperatura massima del calcestruzzo non deve in media superare 333 K (60°C);
- la differenza di temperatura tra quella massima all'interno del conglomerato cementizio e ambiente a contatto con il manufatto non dovrà superare i 15°C;
- il controllo, durante la maturazione, dei limiti e dei gradienti di temperatura, dovrà avvenire con apposita apparecchiatura che registri l'andamento delle temperature nel tempo;
- la procedura di controllo di cui al punto precedente, dovrà essere rispettata anche per i conglomerati cementizi gettati in opera e maturati a vapore.

In ogni caso i provini per la valutazione della resistenza caratteristica a 28 giorni, nonché della resistenza raggiunta al momento del taglio dei trefoli o fili aderenti, dovranno essere maturati nelle stesse condizioni termo-igrometriche della struttura secondo quanto indicato dalla Norma UNI EN 12390-2.

#### **Disarmo**

Durante il periodo della stagionatura i getti dovranno essere riparati da possibilità di urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere. La rimozione dell'armatura di sostegno dei getti potrà essere effettuata quando siano state sicuramente raggiunte le prescritte resistenze.

In assenza di specifici accertamenti, l'Appaltatore dovrà attenersi a quanto prescritto dal D.M. 14.01.08.

Si dovrà controllare che il disarmante impiegato non macchi o danneggi la superficie del conglomerato.

A tale scopo saranno usati prodotti efficaci per la loro azione chimica, escludendo i lubrificanti di varia natura.

La Direzione Lavori potrà prescrivere che le murature di calcestruzzo vengano rivestite sulla superficie esterna con paramenti speciali in pietra, laterizi od altri materiali da costruzione.

In tal caso i getti dovranno procedere contemporaneamente al rivestimento ed essere eseguiti in modo da consentirne l'adattamento e l'ammorsamento.

#### **Giunti di discontinuità ed opere accessorie nelle strutture in conglomerato cementizio**

E' tassativamente prescritto che nelle strutture da eseguire con getto di conglomerato cementizio vengano realizzati giunti di discontinuità sia in elevazione che in fondazione onde evitare irregolari e imprevedibili fessurazioni delle strutture stesse per effetto di escursioni termiche, di fenomeni di ritiro e di eventuali assestamenti.

Tali giunti vanno praticati ad intervalli ed in posizioni opportunamente scelte tenendo anche conto delle particolarità della struttura (ripresa fra vecchie e nuove strutture, ecc).

I giunti saranno ottenuti ponendo in opera, con un certo anticipo rispetto al getto, appositi setti di materiale idoneo, da lasciare in posto, in modo da realizzare superfici di discontinuità (piane, a battente, a

maschio e femmina, ecc.) affioranti a faccia vista secondo le linee rette continue o spezzate, e devono seguire le indicazioni di progetto.

I giunti, come sopra illustrati, dovranno essere realizzati a cura e spese dell'Appaltatore, essendosi tenuto debito conto di tale onere nella formulazione dei prezzi di elenco relativi alle singole classi di conglomerato.

Solo nel caso in cui è previsto in progetto che il giunto sia munito di apposito manufatto di tenuta o di copertura, l'elenco prezzi allegato a questo Capitolato, prevederà espressamente le voci relative alla speciale conformazione del giunto, unitamente alla fornitura e posa in opera dei manufatti predetti con le specificazioni di tutti i particolari oneri che saranno prescritti per il perfetto definitivo assetto del giunto.

I manufatti, di tenuta o di copertura dei giunti, possono essere costituiti da elastomeri a struttura etilenica (stirolo butiadene), a struttura paraffinica (bitile), a struttura complessa (silicone poliuretano, polioisopropilene, polioisocloropropilene), da elastomeri etilenici cosiddetti protetti (neoprene) o da cloruro di polivinile.

In luogo dei manufatti predetti, potrà essere previsto l'impiego di sigillanti.

I sigillanti possono essere costituiti da sostanze oleoresinose, bituminose siliconiche a base di elastomeri polimerizzabili o polisolfuri che dovranno assicurare la tenuta all'acqua, l'elasticità sotto le deformazioni previste, una aderenza perfetta alle pareti, ottenuta anche a mezzo di idonei primers, non colabili sotto le più alte temperature previste e non rigidi sotto le più basse, mantenendo il più a lungo possibile nel tempo le caratteristiche di cui sopra dopo la messa in opera.

E' tassativamente proibita l'esecuzione di giunti obliqui formanti angolo diedro acuto (muro andatore, spalla ponte obliquo, ecc.).

In tali casi occorre sempre modificare l'angolo diedro acuto in modo tale da formare con le superfici esterne delle opere da giuntare angoli diedri non inferiori ad un angolo retto con facce piane di conveniente larghezza in relazione al diametro massimo degli inerti impiegati nel confezionamento del conglomerato cementizio di ogni singola opera.

Nell'esecuzione dei manufatti contro terra si dovrà prevedere in numero sufficiente ed in posizione opportuna l'esecuzione di appositi fori per l'evacuazione delle acque di infiltrazione.

I fori dovranno essere ottenuti mediante preventiva posa in opera nella massa del conglomerato cementizio di tubi a sezione circolare o di profilati di altre sezioni di PVC o simili.

Per la formazione dei fori l'Appaltatore avrà diritto al compenso previsto nella apposita voce dell'Elenco Prezzi, comprensiva di tutti gli oneri e forniture per dare il lavoro finito a regola d'arte.

### **13.8 PREDISPOSIZIONE DI FORI, TRACCE CAVITA', AMMORSATURE, ONERI VARI**

L'Appaltatore avrà a suo carico il preciso obbligo di predisporre in corso di esecuzione quanto è previsto nei disegni costruttivi o sarà successivamente prescritto di volta in volta in tempo utile dalla Direzione Lavori, circa fori, tracce, cavità, incassature ecc. nelle solette, murature, ecc., per la posa in opera di apparecchi accessori quali giunti, appoggi, passi d'uomo, passerelle di ispezione, sedi di tubi e di cavi, opere di interdizione, sicurvia, parapetti, mensole, segnalazioni, parti di impianti.

L'onere relativo è compreso e compensato nei prezzi unitari e pertanto è ad esclusivo carico dell'Appaltatore.

Tutte le conseguenze per la mancata esecuzione delle predisposizioni così prescritte dalla Direzione Lavori, saranno a totale carico dell'Appaltatore, sia per quanto riguarda le rotture, i rifacimenti, le demolizioni di opere di spettanza dell'Appaltatore stesso, sia per quanto riguarda le eventuali opere di adattamento di infissi o impianti, i ritardi, le forniture aggiuntive di materiali e la maggiore manodopera occorrente da parte dei fornitori.

### **13.9 ARMATURE PER C.A.**

Nella posa in opera delle armature metalliche entro i casseri è prescritto tassativamente l'impiego di opportuni distanziatori prefabbricati in conglomerato cementizio o in materiale plastico; lungo le pareti verticali si dovrà ottenere il necessario distanziamento esclusivamente mediante l'impiego di distanziatori ad anello o similari; sul fondo dei casseri dovranno essere impiegati distanziatori del tipo approvato dalla Direzione Lavori.

L'uso dei distanziatori dovrà essere esteso anche alle strutture di fondazione armate.

Copriferro ed interferro dovranno essere dimensionati nel rispetto del disposto di cui alle Norme di esecuzione per c.a., contenute nelle "Norme Tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e per le strutture metalliche D.M. 14.01.08 emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 05.11.1971 n. 1086.

Lo spessore del copriferro, in particolare, dovrà essere correlato allo stato limite di fessurazione del conglomerato, in funzione delle condizioni ambientali in cui verrà a trovarsi la struttura e comunque non dovrà essere inferiore a 3 cm e comunque come indicato dal progettista.

Per strutture ubicate in prossimità di litorali marini o in presenza di acque con componenti di natura aggressiva (acque selenitose, solforose, carboniche, ecc.), la distanza minima delle superfici metalliche delle armature dalle facce esterne del conglomerato dovrà essere di 4 cm e comunque come indicato dal progettista.

Le gabbie di armatura dovranno essere, per quanto possibile, composte fuori opera; dovranno essere eseguite legature doppie incrociate con filo di ferro ricotto di diametro non inferiore a 0,6 mm oppure con il cosiddetto "spaghetto", tali da garantire l'invariabilità della geometria della gabbia durante il getto.

In alternativa per le legature potranno essere effettuate delle saldature con apporto di materiale (di puntatura e non di forza) tali da garantire l'invariabilità della geometria della gabbia durante il getto. Le saldature dovranno essere effettuate da personale qualificato (dotato di relativo patentino)

in base agli schemi di saldatura indicati dal progettista. Le puntature non dovranno in ogni caso superare il 50% degli incroci, salvo differenti disposizioni progettuali.

L'Appaltatore dovrà adottare inoltre tutti gli accorgimenti necessari affinché le gabbie mantengano la posizione di progetto all'interno delle casseforme durante le operazioni di getto.

E' a carico dell'Appaltatore l'onere della posa in opera delle armature metalliche, anche in presenza di acqua o fanghi bentonitici, nonché i collegamenti equipotenziali.

### **13.10 MANUFATTI PREFABBRICATI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO**

I manufatti prefabbricati utilizzati apparterranno ad una delle seguenti categorie di produzione previste dal D.M. del Ministero delle Infrastrutture del 14.01.2008 (par. 4.1.10):

- manufatti in possesso di «marcatura CE»;
- serie dichiarata;
- manufatti di serie «controllata».

I manufatti prefabbricati dovranno essere costruiti sotto la direzione di un tecnico a ciò abilitato, corrispondente alla persona del direttore dei lavori.

A cura di detto tecnico dovranno essere eseguiti i prelievi di materiali, le prove ed i controlli di produzione sui manufatti finiti con le modalità e la periodicità previste dalle presenti Norme.

I certificati delle prove saranno conservati dal Produttore, che dovrà operare con sistemi di qualità certificati.

### **13.11 CASSEFORME, ARMATURE DI SOSTEGNO E ATTREZZATURE DI COSTRUZIONE**

Per tali opere provvisorie l'Appaltatore porterà alla preventiva conoscenza della Direzione Lavori il sistema e le modalità esecutive che intende adottare, ferma restando la esclusiva responsabilità

dell'Appaltatore stesso per quanto riguarda la progettazione e l'esecuzione di tali opere e la loro rispondenza a tutte le norme di legge ed ai criteri di sicurezza che comunque possono riguardarle.

Il sistema prescelto dovrà comunque essere adatto a consentire la realizzazione delle strutture previste in conformità alle disposizioni contenute nel progetto esecutivo.

Nella progettazione e nella esecuzione delle armature di sostegno e delle attrezzature di costruzione, l'Appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti dalla Committente per quanto concerne la zona interessata ed in parte isolare:

- per le fasce di sicurezza da lasciare libere nel sedime aeroportuale;
- per le interferenze con servizi di soprasuolo o di sottosuolo.

Tutte le attrezzature dovranno essere dotate degli opportuni accorgimenti affinché in ogni punto della struttura la rimozione dei sostegni sia regolare ed uniforme.

Per quanto riguarda le casseforme viene prescritto l'uso di casseforme metalliche; in ogni caso esse dovranno avere dimensioni e spessori sufficienti ed essere opportunamente irrigidite o controventate per assicurare l'ottima riuscita delle superfici dei getti e delle strutture e la loro perfetta rispondenza ai disegni di progetto.

Per i getti di superficie in vista dovranno essere impiegate casseforme speciali atte a garantire rifiniture perfettamente piane, lisce e prive di qualsiasi irregolarità.

La Direzione Lavori si riserva, a suo insindacabile giudizio, di autorizzare l'uso di casseforme in legno; esse dovranno però essere eseguite con tavole a bordi paralleli e ben accostate in modo che non abbiano a presentarsi, dopo il disarmo, sbavature o disuguaglianza sulle facce in vista del getto.

La superficie esterna dei getti in conglomerato cementizio dovrà essere esente da nidi di ghiaia, bolle d'aria, concentrazione di malta fine, macchie od altro che ne pregiudichi l'uniformità e la compattezza e ciò sia ai fini della durabilità dell'opera che dell'aspetto estetico.

Per la ripresa dei getti dovranno essere adottati gli accorgimenti indicati in precedenza.

Le parti componenti i casseri dovranno risultare a perfetto contatto per evitare la fuoriuscita di boiaccia cementizia.

Nel caso di cassetta a perdere, inglobata nell'opera, si dovrà verificare la sua funzionalità se è elemento portante e che non sia dannosa se è elemento accessorio.

I casseri dovranno essere puliti e privi di elementi che possano in ogni modo pregiudicare l'aspetto della superficie del conglomerato cementizio indurito.

Si dovrà far uso di prodotti disarmanti disposti in strati omogenei continui che non dovranno assolutamente macchiare la superficie in vista del conglomerato cementizio.

Su tutte le casseforme di una stessa opera dovrà essere usato lo stesso prodotto. Se verranno impiegate casseforme impermeabili, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto e, qualora espressamente previsto nel progetto, si dovrà fare uso di disarmante in quantità controllata nel qual caso la vibrazione dovrà essere contemporanea al getto.

Qualora sia prevista la realizzazione di conglomerati cementizi colorati o con cemento bianco, l'impiego dei disarmanti dovrà essere subordinato a prove preliminari atte a dimostrare che il prodotto non alteri il colore.

### **13.12 ACCIAIO PER C.A.**

Gli acciai per armature di c.a. dovranno corrispondere ai tipi ed alle caratteristiche stabilite dalle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della legge 05.11.1971 n. 1086 ed al D.M. 14.01.08.

Per gli opportuni controlli da parte della Direzione Lavori, l'Appaltatore dovrà documentare di ogni partita di acciaio che entra in cantiere la provenienza, la qualità e il peso complessivo di tondini per ogni parte d'opera.

Per l'acciaio controllato in stabilimento, l'Appaltatore dovrà produrre la documentazione prescritta dalle Norme in vigore, che certifichi gli avvenuti controlli e consentire alla Direzione Lavori di accertare la presenza dei contrassegni di riconoscimento.

Tutte le forniture dovranno essere accompagnate dalla certificazione di cui al D.M. 14.01.08, riferito al tipo di armatura di cui trattasi, e marchiate secondo quanto previsto nel D.M. citato.

Le modalità di prelievo dei campioni da sottoporre a prova sono quelle previste dal citato D.M. 14.01.08. Rimane comunque salva la facoltà del Direzione Lavori di disporre eventuali ulteriori controlli per giustificati motivi a carico dell'Appaltatore.

L'unità di collaudo per acciai in barre ad aderenza migliorata è costituita dalla partita del peso max di 30 t. Durante i lavori, per ogni lotto di fornitura, dovranno essere prelevati non meno di tre campioni di 1 metro di lunghezza cadauno ed inviati a Laboratori Ufficiali ai sensi della L. 1086/71 secondo quanto previsto nel D.M. 14.01.08.

In caso di risultati sfavorevoli di dette prove, il complesso di barre, al quale si riferisce il campione sarà rifiutato e dovrà essere allontanato dal cantiere.

Per il controllo del peso effettivo da ogni unità di collaudo, dovranno essere prelevate delle barre campione.

Qualora risultassero sezioni effettive inferiori a quelle ammesse dalle tolleranze previste dalle norme in vigore, il materiale verrà rifiutato e subito allontanato dal cantiere.

Qualora il peso effettivo risultasse inferiore al 98% di quello teorico e fosse accettabile in base alle tolleranze ed alle normative in vigore, dovranno essere aggiunte, modificando i disegni di progetto e dandone comunicazione alla Direzione Lavori, barre in quantità sufficiente a realizzare una sezione di acciaio non inferiore a quella prevista dal progetto esecutivo originariamente approvato.

Rimane comunque salva la facoltà della Direzione Lavori di disporre di eventuali ulteriori controlli per giustificati motivi a carico dell'Appaltatore.

#### **Acciaio in barre ad aderenza migliorata – B450A , B450C - controllato in stabilimento**

I campioni saranno prelevati in contraddittorio ed inviati a cura dell'Appaltatore, sotto il controllo della Direzione Lavori, ad un Laboratorio Ufficiale.

Di tale operazione dovrà essere redatto apposito verbale controfirmato dalle parti.

Nel caso che i certificati di prova diano esito negativo si procederà come indicato nel D.M. 14.01.08.

Se anche dalla ripetizione delle prove risulteranno non rispettati i limiti richiesti, la Direzione Lavori dichiarerà la partita non idonea e l'Appaltatore dovrà provvedere a sua cura e spese ad allontanarla dal cantiere.

#### **Acciaio inossidabile in barre ad aderenza migliorata**

Gli acciai inossidabili dovranno rientrare nelle categorie di cui al D.M. 14.01.08, e dovranno rispettare tutte le caratteristiche fisiche, tecnologiche e meccaniche ivi previste.

Dovranno inoltre essere del tipo austenitico (ivi compresi gli acciai austenitici all'azoto) o austenitico-ferritico.

Per tali acciai il Produttore dovrà fornire l'attestato di deposito rilasciato dal Servizio Tecnico del C.S. LL. PP. attraverso prove certificate da Laboratori Ufficiali, documentazione comprovante che tali acciai siano del tipo austenitico (ivi compresi gli acciai austenitici all'azoto) o austenitico-ferritico, e precisato gli specifici provvedimenti di saldatura che dovranno essere utilizzati in cantiere o in officina.

Per i controlli in cantiere o nel luogo di lavorazione delle barre si procederà secondo le indicazioni del D.M. 14.01.08.

Le modalità di prelievo dei campioni da sottoporre a prova, nonché l'accettazione della partita, sono analoghe a quelle riportate nella presente sezione.

L'uso di detto acciaio deve essere previsto rigorosamente in progetto, e giustificato alla luce delle situazioni ambientali, nonché concretamente motivato.

#### **Reti in barre di acciaio elettrosaldate**

Le reti saranno in barre del tipo B450C, controllate in stabilimento, di diametro compreso tra 4 e 12 mm, con distanza assiale non superiore a 35 cm.

Dovrà essere verificata la resistenza al distacco offerta dalla saldatura del nodo, come indicato nel D.M. 14.01.08.

Per il controllo delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura si richiama quanto previsto nel D.M. 14.01.08.

### **Zincatura a caldo degli acciai**

Quando previsto in progetto gli acciai in barre e le reti in barre di acciaio elettrosaldate dovranno essere zincate a caldo.

### **Qualità degli acciai da zincare a caldo**

Gli acciai da sottoporre al trattamento di zincatura a caldo dovranno essere caratterizzati da un tenore di silicio inferiore allo 0,03 - 0,04% oppure compreso nell'intervallo 0,15-0,25%. Inoltre gli acciai ad aderenza migliorata dovranno avere garanzia di saldabilità e composizione chimica conforme ai valori di cui al Prospetto I della Norma UNI EN 10080 per gli acciai di qualità Fe B 400 S e Fe B 500 S.

### **Zincatura a caldo per immersione**

Trattamento preliminare

Comprende le operazioni di sgrassaggio decapaggio, risciacquo, flussaggio, essiccamento e preriscaldamento a 400 - 430 K.

### **Immersione in bagno di zinco**

Dovrà essere impiegato zinco vergine o di prima fusione in pani da fonderia, corrispondente alla designazione Zn 99,99 delle Norme UNI EN 1179, avente contenuto minimo di zinco del 99,99%.

Il bagno di zinco fuso dovrà avere temperatura compresa tra 710-723 K; in nessun caso dovrà essere superata la temperatura massima di 730 K.

Il tempo di immersione delle barre nel bagno di zinco sarà variabile in funzione del loro diametro e del peso del rivestimento in zinco, che non dovrà mai discostarsi di +10% dalla quantità di 610 g/m<sup>2</sup> di superficie effettivamente rivestita. Seguirà il trattamento di cromatazione, se previsto in progetto, per impedire eventuali reazioni tra le barre e il calcestruzzo fresco.

### **Finitura ed aderenza del rivestimento**

Il rivestimento di zinco dovrà presentarsi regolare, uniformemente distribuito, privo di zone scoperte, di bolle, di macchie di flusso, di inclusioni, di scorie, di macchie acide o nere.

Dovrà essere aderente alla barra in modo da non poter venire rimosso da ogni usuale processo di movimentazione, lavorazione e posa in opera.

Barre eventualmente incollate assieme dopo la zincatura e barre che presentano gocce e/o punte aguzze saranno rifiutate.

### **Verifiche**

Le verifiche saranno condotte per unità di collaudo costituite da partite del peso massimo di 30 t.

Oltre alle prove previste dai precedenti punti, dirette a verificare la resistenza dei materiali, dovranno essere effettuate anche le prove di seguito descritte, per verificare la rispondenza del trattamento di zincatura alle prescrizioni suddette.

In primo luogo la Direzione Lavori procederà in contraddittorio con l'Appaltatore ad una accurata ispezione visiva della partita per accertare lo stato della zincatura.

In presenza di zone scoperte o di altre irregolarità superficiali le partite saranno rifiutate e l'Appaltatore dovrà allontanarle dal cantiere a sua cura e spese.

Dovrà essere verificato il peso dello strato di zincatura mediante differenza di massa tra il campione zincato e lo stesso dopo la dissoluzione dello strato di zincatura (metodo secondo Aupperle) secondo la Norma UNI EN 1460:1997.

Da ciascuna partita saranno prelevati 9 campioni casuali: sarà determinato il peso medio del rivestimento di zinco su tre dei campioni prelevati; se risulterà uguale o superiore a  $610 \text{ g/m}^2 + 10\%$  la partita sarà accettata.

In caso contrario la prova sarà estesa agli altri 6 campioni: se anche per questi ultimi il peso medio del rivestimento risulterà inferiore a  $610 \text{ g/m}^2 - 10\%$  la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere a cura e spese dell'Appaltatore.

La verifica della uniformità dello strato di zincatura sarà effettuata mediante un minimo di 5 immersioni, ciascuna della durata di un minuto, dei campioni in una soluzione di solfato di rame e acqua distillata (metodo secondo Preece).

Da ciascuna partita saranno prelevati 9 campioni casuali: saranno sottoposti a prova 3 campioni.

Se dopo 5 immersioni ed il successivo lavaggio non si avrà nell'acciaio alcun deposito di rame aderente metallico e brillante, la partita sarà accettata. In caso contrario la prova sarà estesa agli altri 6 campioni:

- se presenterà depositi di rame uno solo dei campioni prelevati la partita sarà accettata;
- se il numero dei campioni che presentano depositi di rame sarà più di 1, ma comunque non superiore a 3 dei 9 prelevati, la partita sarà accettata ma verrà applicata una penale al lotto che non possieda i requisiti richiesti; se il numero dei campioni che presentano depositi di rame sarà superiore a 3, la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere a cura e spese dell'Appaltatore.

Tutte le prove e le verifiche dovranno essere effettuate a cura dell'Appaltatore sotto il controllo della Direzione Lavori, presso i Laboratori indicati dalla medesima.

#### **Certificazioni**

Il Produttore, oltre ai controlli sistematici, con prove di qualificazione e di verifica della qualità, previste dalle Norme di cui al D.M. 14.01.08 dovrà presentare per ogni partita la certificazione attestante che la zincatura è stata realizzata secondo le specifiche che precedono.

La Direzione Lavori si riserva di effettuare controlli presso lo stabilimento dove viene effettuato il trattamento di zincatura.

#### **Lavorazione**

Il trattamento di zincatura a caldo potrà essere effettuato prima o dopo la lavorazione e piegatura delle barre, salvo diversa prescrizione che la Direzione Lavori si riserva d'impartire in corso d'opera.

Quando la zincatura viene effettuata prima della piegatura, eventuali scagliature del rivestimento di zinco nella zona di piegatura ed i tagli dovranno essere trattati con ritocchi di primer zincante organico bicomponente dello spessore di 80-100 micron.

## **14.- PRESCRIZIONI RIGUARDANTI IL CANTIERAMENTO**

#### **Prescrizioni organizzative**

L'area interessata dai lavori dovrà essere delimitata con una recinzione, di altezza non inferiore a quella richiesta dal locale regolamento edilizio (generalmente m. 2), in grado di impedire l'accesso di estranei all'area delle lavorazioni. Il sistema di confinamento scelto dovrà offrire adeguate garanzie di resistenza sia ai tentativi di superamento sia alle intemperie.

Le vie di accesso pedonali al cantiere saranno differenziate da quelle carrabili, allo scopo di ridurre i rischi derivanti dalla sovrapposizione delle due differenti viabilità, proprio in una zona a particolare pericolosità, qual è quella di accesso al cantiere.

L'area di cantiere sarà delimitata, ove non presenti muri di adeguata altezza, da una recinzione di tipo chiuso, lungo tutto il perimetro di cantiere, costituita da rete elettrosaldata (tipo orsofrill o similari) ancorata su elementi tubolari, con relativo cancello carrabile.

Nel periodo delle lavorazioni e per tutta la durata del cantiere deve essere precluso l'ingresso di estranei all'interno delle aree di cantiere e le strade pubbliche circostanti l'area dovranno restare sempre transitabili ai mezzi privati, pubblici e di soccorso. Eventuali loro chiusure, anche solo temporanee ma non previste dal progetto, dovranno essere comunicate in anticipo per iscritto alla Committenza, al Coordinatore per l'Esecuzione, nonché avere l'autorizzazione dei rispettivi Enti.

Gli angoli sporgenti della recinzione o di altre strutture di cantiere dovranno essere adeguatamente evidenziati, ad esempio, a mezzo a strisce bianche e rosse trasversali dipinte a tutta altezza. Nelle ore notturne l'ingombro della recinzione sarà evidenziato da apposite luci di colore rosso, alimentate in bassa tensione.